

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-286220

(43)Date of publication of application : 01.11.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/35

G02F 1/01

(21)Application number : 08-026419

(71)Applicant : VICTOR CO OF JAPAN LTD
DAINICHISEIKA COLOR & CHEM MFG
CO LTD

(22)Date of filing : 14.02.1996

(72)Inventor : KASAI TOSHIKI
KAI MASAKATSU
UENO ICHIRO
TANAKA NORIO
TAKARADA SHIGERU

(30)Priority

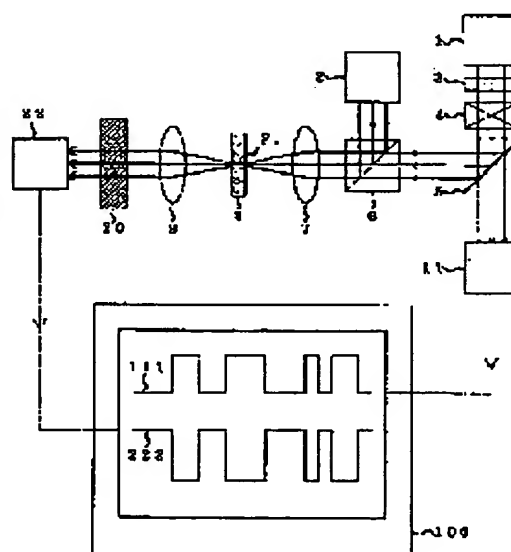
Priority number : 07 25618 Priority date : 14.02.1995 Priority country : JP

(54) LIGHT CONTROL METHOD AND LIGHT CONTROLLER

(57)Abstract:

PURPOSE: To provide a light control method which draws the light response of a sufficient size and velocity out of a light responsive optical element with the lowest possible light power and a light controller.

CONSTITUTION: The control light is emitted from a light source 1 and the signal light from a light source 2. The control light and signal light are converged by a condenser lens 7 and are cast to the optical element 8. Only the signal light is detected by a photodetector 22 through a photodetecting lens 9 and a waveguide selective transmittable filter 20. The transmittance of the signal light is reversibly increased and decreased by the on and off of the control light, by which the intensity modulation of the signal light is embodied. The interaction effect of the excitation species in the light responsive compsn, the control light and the photon of the signal light is greatly improved by converging the control light and the signal light and propagating the light on the same optical path. The drawing of the light response of the sufficient magnitude and velocity out of the light responsive optical element with the light power sufficiently lower than heretofore is made possible.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

28.11.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application]

converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3504418

[Date of registration]

19.12.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] It is the optical control approach of irradiating control light at the optical element which consists of an optical responsibility constituent, and performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element when control light changes reversibly the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band. Complete respectively said control light and said signal light, and it irradiates to said optical element. And the optical control approach characterized by arranging the optical path of said control light and said signal light, respectively so that the fields where the photon density near each focus of said control light and said signal light is the highest may overlap mutually in said optical element.

[Claim 2] The optical control approach characterized by making said control light and said signal light spread by the same optical path substantially in said optical element in the optical control approach according to claim 1.

[Claim 3] In the optical control approach according to claim 1 or 2, the physical relationship of each focal location and said optical element of said control light and said signal light is changed. And/ Or by changing the range which receives the flux of light of said signal light which penetrated said optical element The optical control approach characterized by choosing and taking out both or one of the optical response of the direction where said signal light reinforcement which penetrated said optical element decreases, and the optical responses which the luminous density of said signal light fluctuates by the exposure of said control light.

[Claim 4] The optical control approach characterized by using what consists of the optical responsibility constituent which contained coloring matter as said optical element in the optical control approach of a publication 3 either from claim 1.

[Claim 5] It sets from claim 1 to the optical control approach of a publication 4 either. The permeability of said control light as said optical element at at most 90% or less And the optical control approach characterized by taking out the optical response of the direction where the permeability of said signal light which penetrated said optical element by the exposure of said control light decreases using what was adjusted so that the permeability of said signal light in the condition of not irradiating said control light might become at least 10% or more.

[Claim 6] Control light is irradiated at the optical element which consists of an optical responsibility constituent. Control light is an optical control unit used for the optical control approach of performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element by making the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band fluctuating reversibly. It has the convergence means as which said control light and said signal light are completed, respectively. Optical-path arrangement of said control light and said signal light should do so that the fields where the photon density near each focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest overlap mutually. And said optical element is an optical control unit characterized by being arranged in the location where the fields where the photon density near each focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest overlap mutually.

[Claim 7] The optical control unit characterized by having further optical-path arrangement which said control light and said signal light spread by the same optical path substantially in said optical element in an optical control unit according to claim 6.

[Claim 8] A migration means to change the physical relationship of each focal location and said optical element of said control light and said signal light further in an optical control unit according to claim 6, By having a light-receiving range accommodation means to change the range which receives the flux of light of

said signal light which penetrated said optical element, and to receive light, and using said migration means and/or said light-receiving range accommodation means The physical relationship of each focal location and said optical element of said control light and said signal light is changed. And/ Or by changing the range which receives the flux of light of said signal light which penetrated said optical element The optical control unit characterized by choosing and taking out both or one of the optical response of the direction where said signal light reinforcement which penetrated said optical element decreases, and the optical responses which the luminous density of said signal light fluctuates by the exposure of said control light.

[Claim 9] It is the optical control unit characterized by consisting of the optical responsibility constituent with which said optical element contained coloring matter in the optical control unit of a publication 8 either from claim 6.

[Claim 10] Said optical element is an optical control unit characterized by taking out the optical response of the direction where the permeability of control light is [in / 9 either / from claim 6 / the optical control unit of a publication] at most 90% or less, and it is adjusted in so that the permeability of the signal light in the condition of not irradiating control light may become at least 10% or more, and the permeability of signal light decreases by the exposure of control light.

[Claim 11] The optical control unit characterized by having a means to divide into signal light and control light a mixed light of signal light and control light which has penetrated said optical element in the optical control unit of a publication 10 either from claim 6.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the optical control approach and the optical control unit using the optical element which consists of a useful optical responsibility constituent in the field of optoelectronics, such as optical communication and optical information processing, and photonics.

[0002]

[Description of the Prior Art] In the field of the optoelectronics which paid its attention to the multiplicity of light, and high density nature for the purpose of ultra high-speed signal transduction and processing, and photonics, researches and developments of the light and the optical control approach which be going to modulate luminous intensity (amplitude) or a frequency (wavelength) be briskly further using change of the permeability and the refractive index which be cause in the optical element which processed and created the optical material or the optical constituent by irradiate light, without use an electronic circuitry technique. Moreover, when it is going to perform a juxtaposition optical logical operation and an image processing taking advantage of the description of light, as for an optical intensity-distribution change etc., the "space optical modulator" for performing a certain modulation is very important for the cross section of a light beam, and application of light and the optical control approach is expected also here.

[0003] As a phenomenon in which the application to light and the optical control approach is expected, nonlinear optical effects, such as saturable absorption, nonlinear refraction, and a photorefractive effect, and a photochromic phenomenon attract attention widely.

[0004] On the other hand, the phenomenon of newly causing light absorption in the second different wavelength band from the first wavelength band is also known without being accompanied by change of the molecular structure, and the molecule excited with the light of the first wavelength band can call this "excitation state absorption", "induction absorption", or "transient absorption."

[0005] As an example which tried application of excitation state absorption, at least two kinds of beams of light with which wavelength differs to the solution or solid-state which included the porphyrin system compound and the electron acceptor in JP,53-137884,A are irradiated, for example, and the optical conversion approach that the information which the beam of light of one wavelength has by this exposure is moved to the wavelength of the beam of light of another side is indicated. moreover -- JP,55-100503,A and JP,55-108603,A -- the spectrum between the ground states and excitation states of organic compounds, such as a porphyrin derivative, -- the difference of a spectrum is used and the liquid core mold optical fiber of functionality which chooses propagation light corresponding to a time change of excitation light is indicated. Moreover, the plastic optical fiber which contains in a core organic compounds, such as a porphyrin derivative which has the absorption corresponding to the transition to the triplet state of a high order further from the triplet state excited by light, is indicated by JP,63-89805,A. Moreover, after irradiating the light of the first wavelength at JP,63-236013,A at the crystal of cyanine dye, such as KURIPUTO cyanine, and carrying out optical pumping of the molecule, the light of the second different wavelength from the first wavelength is irradiated at said molecule, and an optoelectronic device which switches transparency or reflection of the second of the light of wavelength according to the optical-pumping condition by the light of the first wavelength is indicated. Moreover, the light of the first and the second wavelength is irradiated at the light modulation medium which distributed photoinduced-electron-transfer matter, such as a porphyrin derivative, in the matrix material, and a lightwave signal modulation medium which carries out light modulation using the difference of the absorption spectrum between the excitation states and ground states of a molecule is indicated by JP,64-73326,A.

[0006] As a configuration of the optical equipment used with these conventional technique JP,55-100503,A,

JP,55-108603,A, And an equipment configuration which twists around the perimeter of the light source (for example, flash lamp) of excitation light the optical fiber which propagation light spreads is indicated by JP,63-89805,A. Rather, without making JP,53-137884,A and JP,64-73326,A converge the light which is equivalent to control light from a direction different from the optical path of signal light on the whole part which has spread the light equivalent to the signal light inside an optical responsibility optical element with the means of a projector lens etc. An equipment configuration which you make it spread and is irradiated is indicated.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the above conventional techniques, since the optical power of high density is needed very much in order to cause permeability change or refractive-index change of magnitude which is sufficient for practical use, or the response to an optical exposure is slow, the present condition is that what results in practical use is not yet obtained.

[0008] This invention cancels the technical problem which the above-mentioned conventional technique has, and aims at offering the optical control approach and an optical control unit which pull out the optical response of sufficient magnitude and a rate from the optical element of optical responsibility by the lowest possible optical power.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the [light control approach concerning this invention] above-mentioned purpose, the optical control approach concerning invention of this application according to claim 1 It is the optical control approach of irradiating control light at the optical element which consists of an optical responsibility constituent, and performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element when control light changes reversibly the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band. Complete respectively said control light and said signal light, and it irradiates to said optical element. And it is characterized by arranging the optical path of said control light and said signal light, respectively so that the fields where the photon density near each focus of said control light and said signal light is the highest may overlap mutually in said optical element.

[0010] Moreover, the optical control approach concerning invention of this application according to claim 2 is characterized by making said control light and said signal light spread by the same optical path substantially in said optical element in the optical control approach according to claim 1.

[0011] The optical control approach concerning invention according to claim 3 is set to the optical control approach according to claim 1 or 2. By changing the range which receives the flux of light of said signal light which the physical relationship of each focal location and said optical element of said control light and said signal light was changed, and/or penetrated said optical element It is characterized by choosing and taking out both or one of the optical response of the direction where said signal light reinforcement which penetrated said optical element decreases, and the optical responses which the luminous density of said signal light fluctuates by the exposure of said control light.

[0012] The optical control approach concerning claim 4 is characterized by using what consists of the optical responsibility constituent which contained coloring matter as said optical element in the optical control approach of a publication 3 either from claim 1.

[0013] In the optical control approach of a publication, the permeability of said control light of the optical control approach concerning claim 5 is at most 90% or less as said optical element 4 either from claim 1. And it is characterized by taking out the optical response of the direction where the permeability of said signal light which penetrated said optical element by the exposure of said control light decreases using what was adjusted so that the permeability of said signal light in the condition of not irradiating said control light might become at least 10% or more.

[0014] In order to attain the [light control unit concerning this invention] above-mentioned purpose, the optical control unit concerning invention of this application according to claim 6 Control light is irradiated at the optical element which consists of an optical responsibility constituent. Control light is an optical control unit used for the optical control approach of performing said signal luminous-intensity modulation and/or luminous-density modulation which penetrate said optical element by making the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band fluctuating reversibly. It has the convergence means as which said control light and said signal light are completed, respectively. Optical-path arrangement of said control light and said signal light should do so that the fields where the photon density near each focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest overlap mutually. And said optical element is characterized by being arranged in the location where the fields where

the photon density near each focus of said control light which it converged, and said signal light is the highest overlapped mutually.

[0015] Moreover, the optical control unit concerning invention according to claim 7 is characterized by having further optical-path arrangement which said control light and said signal light spread by the same optical path substantially in said optical element in an optical control unit according to claim 6.

[0016] The optical control unit concerning invention according to claim 8 is set to an optical control unit according to claim 6. Furthermore, a migration means to change the physical relationship of each focal location and said optical element of said control light and said signal light, By having a light-receiving range accommodation means to change the range which receives the flux of light of said signal light which penetrated said optical element, and to receive light, and using said migration means and/or said light-receiving range accommodation means The physical relationship of each focal location and said optical element of said control light and said signal light is changed. And/ Or by changing the range which receives the flux of light of said signal light which penetrated said optical element It is characterized by choosing and taking out both or one of the optical response of the direction where said signal light reinforcement which penetrated said optical element decreases, and the optical responses which the luminous density of said signal light fluctuates by the exposure of said control light.

[0017] The optical control unit concerning claim 9 is characterized by said optical element consisting of the optical responsibility constituent containing coloring matter in the optical control unit of a publication 8 either from claim 6.

[0018] The optical control unit concerning claim 10 is adjusted so that the permeability of the signal light in the condition that the permeability of control light is at most 90% or less, and said optical element does not irradiate control light may become at least 10% or more, and it is characterized [in / 9 either / from claim 6 / the optical control unit of a publication] by taking out the optical response of the direction where the permeability of signal light decreases by the exposure of control light.

[0019] The optical control unit concerning claim 11 is characterized by having a means to divide into signal light and control light a mixed light of signal light and control light which has penetrated said optical element in the optical control unit of a publication 10 either from claim 6.

[0020] [Optical responsibility constituent] When the control light in this invention is irradiated here, well-known various things can be used as an optical responsibility constituent used for an optical element to which it carries out adjustable [of the permeability and/or refractive index of signal light in a different wavelength band from control light] reversibly.

[0021] If the example is given concretely, for example GaAs, GaAsP, GaAlAs, The single crystal of compound semiconductors, such as InP, InSb, InAs, PbTe, InGaAsP, and ZnSe, what distributed the particle of said compound semiconductor into the matrix material, and the metal halogenide (for example, a potassium bromide --) which doped dissimilar metal ion single crystals, such as a sodium chloride, and said metal halogenide (for example, a copper bromide --) What distributed particles, such as a copper chloride and a cobalt chloride, into the matrix material, CdS, CdSe, CdSeS which doped dissimilar metal ion, such as copper, What distributed the single crystal of cadmium chalcogenide, such as CdSeTe, and the particle of said cadmium chalcogenide into the matrix material, Semi-conductor single crystal thin films, such as silicon, germanium, a selenium, and a tellurium, A polycrystal thin film thru/or a porosity thin film, silicon, germanium, a selenium, The thing, platinum which distributed semi-conductor particles, such as a tellurium, into the matrix material, What distributed noble-metals particles, such as gold and palladium, into the matrix material, A ruby, alexandrite, a garnet, Nd:YAG, sapphire, Ti : The single crystal equivalent to the jewel which doped metal ions, such as sapphire and Nd:YLF, (the so-called laser crystal), The lithium niobate which doped the metal ion (for example, iron ion) (LiNbO₃), LiB 3O₅, LiTaO₃, KTiOPO₄, and KH₂PO₄, the ferroelectric crystal of KNbO₃, BaB 2O₂, etc., and a metal ion (for example, neodium ion --) What dissolved or distributed coloring matter can be suitably used into a matrix material besides being the quartz glass which doped erbium ion etc., soda glass, glass of borosilicate glass and others, etc.

[0022] Since a matrix material and the selection range of coloring matter are wide and processing to an optical element is also easy the range, what dissolved or distributed coloring matter in the matrix material also in these can be especially used suitably by this invention.

[0023] As an example of the coloring matter which can be used by this invention, cyanine dye, such as - diethyl thia carbocyanine iodide, and azo dye [, such as acridine dyes, such as xanthene dyes, such as Rhodamine B, rhodamine 6G, eosine and Phloxine B, an acridine orange, and acridine red, ethyl red, and Methyl Red,], porphyrin system coloring matter, phthalocyanine system coloring matter, 3, and 3 '3, 3'- diethyl OKISA dicarbocyanine iodide, etc. can be used suitably, for example.

[0024] In this invention, it is independent about these coloring matter, or two or more kinds can be mixed and used.

[0025] The matrix material which can be used by this invention can use the thing of arbitration, if satisfied with the wavelength field of the light used with the optical control system of (1) this invention of the conditions that the coloring matter or the various particles which are used by that permeability is high and (2) this inventions can be dissolved or distributed with sufficient stability, and that the gestalt as (3) optical elements can be kept good [stability].

[0026] The low-melting-glass ingredient created as a matrix material of an inorganic system with the so-called sol gel process besides being the single crystal of a metal halogenide, the single crystal of a metallic oxide, the single crystal of metal chalcogenide, quartz glass, soda glass, borosilicate glass, etc., for example can be used.

[0027] Moreover, as a matrix material of an organic system, various organic polymeric materials can be used, for example. As an example of organic polymeric materials, polystyrene, Pori (alpha methyl styrene), The poly indene, Pori (4-methyl-1-pentene), polyvinyl pyridine, A polyvinyl formal, a polyvinyl acetal, a polyvinyl butyral, Polyvinyl acetate, polyvinyl alcohol, a polyvinyl chloride, a polyvinylidene chloride, Polyvinyl methyl ether, polyvinyl ethyl ether, polyvinyl benzyl ether, A polyvinyl methyl ketone, Pori (N-vinylcarbazole), poly(N-vinylpyrrolidone), Polymethylacrylate, polyacrylic acid ethyl, polyacrylic acid, a polyacrylonitrile, A polymethyl methacrylate, polymethacrylic acid ethyl, polymethacrylic acid butyl, Polymethacrylic acid benzyl, polymethacrylic acid cyclohexyl, polymethacrylic acid, A polymethacrylic acid amide, the poly methacrylonitrile, the poly acetaldehyde, The poly trichloroacetic aldehyde, polyethylene oxide, polypropylene oxide, Polyethylene terephthalate, polybutylene terephthalate, and polycarbonates (bisphenols + carbonic acid) Pori (diethylene-glycol bisallyl carbonate), 6-nylon, 6 and 6-nylon, 12-nylon, 6, 12-nylon, Pori aspartic-acid ethyl, Polyglutamic acid ethyl, the poly lysine, polyproline, Pori (gamma-benzyl-L-glutamate), Methyl cellulose, ethyl cellulose, benzyl cellulose, hydroxyethyl cellulose, Hydroxypropylcellulose, an acetyl cellulose, cellulose triacetate, cel low SUTORI butyrate and alkyd resin (phthalic anhydride + glycerol) Fatty-acid modified alkyd resin (fatty-acid + phthalic anhydride + glycerol), an unsaturated polyester resin (maleic-anhydride + phthalic anhydride + propylene glycol), An epoxy resin (bisphenols + epichlorohydrin), polyurethane resin, Organic polysilane, such as resin, such as phenol resin, a urea-resin, melamine resin, xylene resin, a toluene resin, and guanamine resin, and Pori (phenyl methylsilane), the organic poly germane, and these copolymerization and copolycondensation objects are mentioned. Moreover, in usual [, such as a carbon disulfide, carbon tetrafluoride, ethylbenzene, perfluoro benzene, a perfluoro cyclohexane, and trimethylchlorosilane,], the high molecular compound which carried out the plasma polymerization of the compound without polymerization nature, and obtained it can also be used.

[0028] Moreover, what it combines as a copolymerization monomeric unit together as the side chain of a monomeric unit or a bridge formation radical, and combined the residue of the organic low molecular weight compound which shows organic coloring matter and an optical nonlinear effect to these organic high molecular compounds as a polymerization initiation end can also be used as a matrix material.

[0029] On the other hand, an approach well-known for dissolving or distributing coloring matter into these matrix materials can be used. For example, after dissolving coloring matter and a matrix material into a common solvent and mixing, How to form a matrix material, since coloring matter is dissolved or distributed to the raw material solution of the inorganic system matrix material manufactured with the approach of evaporating a solvent and removing, and a sol gel process, Into the monomer of an organic macromolecule system matrix material, a solvent is used if needed. Since coloring matter is dissolved or distributed, this monomer A polymerization thru/or the approach of making carry out a polycondensation and forming a matrix material, After carrying out precipitate which both coloring matter and a thermoplastic organic macromolecule system matrix material trickled coloring matter and the solution which dissolved the organic macromolecule system matrix material into the common solvent into the insoluble solvent, and produced it a ** exception and drying, the approach of heating and melting processing it etc. can be used suitably. Although it is known that the special meeting object which is made to condense a coloring matter molecule and is called "H meeting object", "J meeting object", etc. with devising the combination and the processing approach of coloring matter and a matrix material can be made to form, the coloring matter molecule in a matrix material may be used on the conditions which form such a state of aggregation or a meeting condition.

[0030] Moreover, an approach well-known for distributing the aforementioned various particles into these MATORIKKU ingredients can be used. Said particle For example, the solution of a matrix material, Or

the method of removing a solvent, after distributing in the solution of the precursor of a matrix material, Since said particle is distributed into the monomer of an organic macromolecule system matrix material if needed, this monomer using a solvent as a precursor of a polymerization thru/or the approach of making carry out a polycondensation and forming a matrix material, and a particle After dissolving or distributing metal salts, such as perchloric acid cadmium and a gold chloride, in an organic macromolecule system matrix material, it processes by hydrogen-sulfide gas. For example, the particle of a cadmium sulfide Or the approach and chemical vapor deposition which deposit a golden particle in a matrix material, respectively, the sputtering method, etc. can be suitably used by heat-treating.

[0031] In addition, in the range which does not cause trouble to the function, the optical responsibility constituent used by this invention may contain an anti-oxidant well-known as an accessory constituent, an ultraviolet ray absorbent, a singlet oxygen quencher, a distributed assistant, etc. in order to raise workability or to raise the stability and endurance as an optical element.

[0032] According to the purpose of use, suitable combination can be selected and used for the optical responsibility constituent used by the optical control approach of this invention [which an optical responsibility constituent, the wavelength band of signal light, and the wavelength band of control light should put together], the wavelength band of signal light, and the wavelength band of control light as these combination.

[0033] What is necessary is to determine the wavelength thru/or the wavelength band of signal light according to the purpose of use, and just to select the combination of the wavelength of the optimal optical responsibility constituent for controlling this, and control light first as a concrete configuration procedure, for example. Or what is necessary is just to select the optical responsibility constituent suitable for this combination, after determining the combination of the wavelength of signal light and control light according to the purpose of use.

[0034] About the optical path length of the signal light which spreads the inside of the presentation of the optical responsibility constituent used by this invention, and the optical element which consists of said optical responsibility constituent, and control light, it can set up as these combination on the basis of the permeability of the control light which penetrates an optical element, and signal light. For example, the concentration of the component which absorbs control light or signal light at least among the presentations of an optical responsibility constituent can be determined first, and the optical path length of the signal light which spreads the inside of an optical element so that the permeability of the control light which penetrates an optical element, and signal light may subsequently become a specific value, and control light can be set up. Or first, after setting the optical path length as a specific value if needed for example, on an equipment design, the presentation of an optical responsibility constituent can be adjusted so that the permeability of the control light which penetrates an optical element, and signal light may become a specific value.

[0035] The value of the permeability of the control light which penetrates an optical element, and signal light with it is as being shown below, respectively. [optimal / although this invention aims at offering the optical control approach and an optical control unit which pull out the optical response of magnitude sufficient by the lowest possible optical power and a rate from the optical element of optical responsibility / in order to attain this purpose]

[0036] In the optical control approach and the optical control unit of this invention, performing the concentration of the light absorption component in an optical responsibility constituent and control of an existence condition, and a setup of the optical path length so that the permeability of the control light which spreads an optical element may become at most 90% or less is recommended.

[0037] Here, when it is going to use the optical response of the direction where the permeability of signal light decreases by the exposure of control light, in the condition of not irradiating control light, performing the concentration of the light absorption component in an optical responsibility constituent and control of an existence condition, and a setup of the optical path length so that the permeability of the signal light which spreads an optical element may become at least 10% or more is recommended.

[0038] The gestalt of the optical element used by [optical element] this invention can be suitably chosen according to the configuration of the optical control device of this invention from the shape of the shape of the shape of the shape of the shape of a thin film, a thick film, tabular, the letter of a block, cylindrical, a semicircle column, and the square pole, and the triangle pole, and a convex lens, and a concave lens, and a micro-lens array, and a fiber, the shape of a micro channel array, an optical waveguide mold, etc. The creation approach of the optical element used by this invention is selected by arbitration according to the gestalt of an optical element, and the class of optical response constituent to be used, and a well-known approach can be used for it.

responsibility constituent was obtained. 20mg of this powder was inserted between slide glass (1.150mm in 25mmx76mmx thickness), and cover glass (0.150mm in 18mmx18mmx thickness), it heated at 150 degrees C under the vacuum, and the film (50 micrometers of thickness) of coloring matter/polymer was created between slide glass/cover glass using the approach (vacuum hot pressing) of sticking the glass plate of two sheets by pressure. In addition, the coloring matter concentration in coloring matter / polymer film is 2.5×10 to 2 mol/l., when the consistency of coloring matter / polymer mixture is calculated as 1.06.

[0049] The permeability spectrum of the membrane type optical element created as mentioned above is shown in drawing 3. The permeability of this film was 90.5% on the wavelength (694nm) of signal light 38.0% in the wavelength (633nm) of control light.

[0050] The optical control unit of this invention which illustrates an outline to drawing 1 is constituted from an oscilloscope 100 by the light source 1 of control light, the light source 2 of signal light, ND filter 3, a shutter 4, the transfective mirror 5, the photomixing machine 6, a condenser lens 7, the membrane type optical element 8, the light-receiving lens 9, the wavelength selection transparency filter 20, photodetectors 11 and 22, and the list. Among these optical elements thru/or an optic, the light source 1 of control light, the light source 2 of signal light, the photomixing machine 6, a condenser lens 7, the membrane type optical element 8, the light-receiving lens 9, and the wavelength selection transparency filter 20 are indispensable equipment configuration elements, in order to enforce the optical control approach of this invention by the equipment configuration of drawing 1. In addition, ND filter 3, a shutter 4, and the transfective mirror 5 are formed if needed, and although it is unnecessary in order for an oscilloscope 100 to enforce [and] the optical control approach of this invention in photodetectors 11 and 22 and a list, they are used as an electronic instrument for checking actuation of optical control if needed.

[0051] Next, the description of each component and actuation are explained.

[0052] Laser equipment is suitably used for the light source 1 of control light. The oscillation wavelength and output are suitably chosen according to the wavelength of the target signal [approach / of this invention / optical / control] light, and the response characteristic of an optical responsibility constituent to be used. There is especially no limit about the method of laser oscillation, and the thing of the format of arbitration can be used according to an oscillation wavelength band, an output, economical efficiency, etc. Moreover, after carrying out wavelength conversion of the light of the laser light source by the nonlinear optical element, you may use it. Specifically, solid state laser, such as gas laser, such as an Ar ion laser (oscillation wavelength 457.9 thru/or 514.5nm) and a helium neon laser (633nm), ruby laser, and Nd:YAG laser, dye laser, semiconductor laser, etc. can be used suitably. Not only the coherent light from the laser light source but non-coherent light can also be used for the light source 2 of signal light. Moreover, by the light filter or the monochromator, continuous spectrum light from a tungsten filament lamp besides [which gives the homogeneous light] the light source, a metal halide lamp, the xenon discharge tubes, etc., such as laser equipment, light emitting diode, and the neon discharge tube, may be monochrome-ized, and may be used.

[0053] As stated previously, according to the purpose of use, suitable combination is selected as these combination, and the optical responsibility constituent used by the optical control approach of this invention, the wavelength band of signal light, and the wavelength band of control light are used. The example of an about is explained when a helium neon laser (Gaussian beam with an oscillation wavelength [of 633nm] and a beam diameter of 1mm) and the membrane type optical element 8 which consists of said optical responsibility constituent are hereafter used as the light source 2 of signal light as semiconductor laser (Gaussian beam with the oscillation wavelength of 694nm, a continuous-oscillation output [of 3mW], and a beam diameter of 8mm), and the light source 1 of control light.

[0054] Although ND filter 3 is not necessarily required, since the optical reinforcement of control light is fluctuated, in examining the optical response engine performance of the optical element of this invention, in order to avoid that the laser light of power high beyond the need carries out incidence to the optic which constitutes equipment, or an optical element, it is useful. However, in this example, it is supposed that some kinds of ND filters are exchanged and used for the latter purpose.

[0055] A shutter 4 is not an equipment configuration element indispensable when it is used in order to blink this in the shape of a pulse, and enforcing the optical control approach of this invention, when continuous wave laser is used as a control light. That is, the light source 1 of control light is the laser which carries out a pulse oscillation, and when it is the light source of the format which can control the pulse width and oscillation spacing, or when using the laser light by which pulse modulation was beforehand carried out with the suitable means as the light source 1, it is not necessary to form a shutter 4.

[0056] When using a shutter 4, the actuation rate of the shutter itself is taken into consideration, the thing of

arbitration can be used as the format, for example, an optical chopper and mechanical shutter, a liquid crystal shutter, an optical Kerr effect shutter, a pockels cell, etc. can be used, choosing them timely. [0057] In this example, in examining an operation of the optical control approach of this invention, the transfective mirror 5 can be used in order to always estimate the optical reinforcement of control light, and optical split ratio can set it as arbitration.

[0058] Photodetectors 11 and 22 are used in order to detect electrically the situation of change of the optical reinforcement by the light and optical control of this invention and to verify it, and in order to examine the function of the optical element of this invention. The format of photodetectors 11 and 22 is arbitrary, it can be chosen timely, and it can use [the speed of response of the detector itself can be taken into consideration] it, for example, can use a photo-multiplier, a photodiode, a photo transistor, etc.

[0059] It can act to the others and the A-D converter which are an oscilloscope 100 etc. as the monitor of the light-receiving signal of said photodetectors 11 and 22 with the combination (not shown) of a computer.

[0060] In using in order to adjust the optical path of the control light which spreads the inside of said optical element and goes, and signal light, and carrying out the optical control approach and the optical control unit of this invention, the photomixing machine 6 is one of the important equipment configuration elements.

Either a polarization beam splitter an unpolarized light beam splitter or a dichroic mirror can be used, and it can be set as arbitration also about optical split ratio.

[0061] A condenser lens 7 is for completing the signal light and control light which were adjusted as a convergence means common to signal light and control light so that an optical path might become the same, and irradiating to said optical element, and is one of the equipment configuration elements indispensable to operation of the optical control approach of this invention, and an optical control unit. In addition, a next example describes optical convergence means other than a condenser lens. About the specification of the focal distance of a condenser lens, numerical aperture, an F value, a lens configuration, a lens surface coat, etc., the thing of arbitration can be used suitably.

[0062] In this example, the objective lens for microscopes of the focal distance of 5mm and numerical aperture 0.65 was used as a condenser lens 7.

[0063] It converges and the light-receiving lens 9 is irradiated to an optical element 8, it is a means for returning the signal light and control light which have been penetrated to a collimated beam or a convergence beam, and if it suits this purpose, the lens of the specification of arbitration can be used for it. Moreover, it is also possible to use a concave mirror instead of a condenser lens.

[0064] The wavelength selection transparency filter 20 is one of the indispensable equipment configuration elements, in order to enforce the optical control approach of this invention by the equipment configuration of drawing 1 , and it is used as one of the means for taking out only signal light from the signal light and control light which have spread the same optical path in said optical element.

[0065] As a means for separating the signal light and control light from which wavelength differs, prism, a diffraction grating, a dichroic mirror, etc. can be used for others.

[0066] As a wavelength selection transparency filter 20 used by the equipment configuration of drawing 1 , the light of the wavelength band of control light is intercepted completely, and on the other hand, if it is the wavelength selection transparency filter which can penetrate the light of the wavelength band of signal light efficiently, the thing of well-known arbitration can be used. For example, plastics and glass which were colored with coloring matter, the glass which prepared the dielectric multilayer vacuum evaporation film in the front face can be used.

[0067] In the optical equipment of drawing 1 which consists of the above components, by adjusting permeability, the light beam of the control light by which outgoing radiation was carried out from the light source 1 passes ND filter 3 for adjusting transmitted light reinforcement, passes the shutter 4 for subsequently to blinking control light in the shape of a pulse, and is divided by the transfective mirror 5.

[0068] A part of control light divided in the transfective mirror 5 is received by the photodetector 11. Here, if putting out lights and the light source 1 are turned on for the light source 2, the relation between the optical reinforcement in the light beam exposure location to an optical element 8 and the signal strength of a photodetector 11 is beforehand measured in the condition of having opened the shutter 4 wide and the calibration curve is created, it will become possible to always estimate the optical reinforcement of the control light which carries out incidence to an optical element 8 from the signal strength of a photodetector 11. In this example, the power of the control light which carries out incidence to the membrane type optical element 8 was adjusted in 0.5mW thru/or 25mW by ND filter 3.

[0069] The control light divided and reflected in the transfective mirror 5 passes along the photomixing machine 6 and a condenser lens 7, and is irradiated by the optical element 8 in the condition of having

converged. After the light beam of the control light which passed the membrane type optical element 8 passes the light-receiving lens 9, it is intercepted with the wavelength selection transparency filter 20.

[0070] It is mixed so that the light beam of the signal light by which outgoing radiation was carried out from the light source 2 may spread the same optical path as control light with said photomixing vessel 6, it goes via a condenser lens 7, the membrane type optical element 8 completes and irradiates, and after the light which passed the component penetrates the light-receiving lens 9 and the wavelength selection transparency filter 20, it is received with a photodetector 22.

[0071] As a result of experimenting in light and optical control using the optical equipment of drawing 1, a change on the strength [optical] as shown in drawing 4 was observed. The detail of an experiment is as stating below.

[0072] First, the light beam of control light and the light beam of signal light are Focus Fc in the same field of the membrane type optical element 8 interior. The optical path from each light source, the photomixing machine 6, and the condenser lens 7 were adjusted so that it might connect. In addition, the optical element has been arranged to sense in which signal light and control light carry out incidence from the cover glass side of said membrane type optical element 8 and which carries out outgoing radiation from a slide glass substrate side. Subsequently, the function of the wavelength selection filter 20 was checked. That is, where the light source 2 is switched off, when the light source 1 was turned on and a shutter 4 was opened and closed, it checked that a response did not arise at all in a photodetector 22.

[0073] Where a shutter 4 is closed, the light source 1 of control light is turned on, and subsequently it is time of day t1. When it set, the light source 2 was turned on and signal light was irradiated to the optical element 8, the signal strength of a photodetector 22 increased from level C to level A.

[0074] Time of day t2 It set and the shutter 4 was opened wide, and when control light was converged and irradiated to the same optical path as the signal light of the optical element 8 interior having spread, the signal strength of a photodetector 22 decreased from level A to level B. The response time of this change was less than 2 microseconds.

[0075] Time of day t3 When it set, the shutter 4 was closed and the control light exposure to an optical element was stopped, the signal strength of a photodetector 22 returned to level A from level B. The response time of this change was less than 3 microseconds.

[0076] Time of day t4 It sets, a shutter 4 is opened wide and, subsequently it is time of day t5. When set and closed, the signal strength of a photodetector 22 decreased from level A to level B, and, subsequently returned to level A.

[0077] Time of day t6 When it set and the light source 2 was switched off, the output of a photodetector 22 declined and returned to level C.

[0078] When were collected above and time amount change of the optical reinforcement expressed with a wave as shows control light (incidence power 0.5mW thru/or 25mW) to 111 of drawing 4 was given and irradiated to the membrane type optical element 8, the output wave of the photodetector 22 in which it acts as the monitor of the optical reinforcement of signal light, and it is shown changed reversibly corresponding to time amount change of the optical reinforcement of control light, as shown in 222 of drawing 4. That is, it was checked controlling transparency of signal light by increase and decrease or intermittence of control light of optical reinforcement (light and optical control), i.e., controlling light by light, or that light can be modulated with light (light and light modulation).

[0079] In addition, extent of change of the optical reinforcement of the signal light corresponding to intermittence of the light of control is value ΔT [unit %] defined below using the output levels A, B, and C of the aforementioned photodetector 22.

[Equation 1] $\Delta T = 100[(A-B)/(A-C)]$

It can compare "Be alike" quantitatively. The output level of the photodetector 22 when the output level of the photodetector 22 at the time of turning on the light source 2 of signal light here after A had intercepted control light, and B irradiate signal light and control light at coincidence, and C are the output levels of the photodetector 22 in the condition of having switched off the light source 2 of signal light. For example, when an optical response is max, level B becomes the same as that of level C, and ΔT becomes 100% of maximums. On the other hand, when an optical response is not detected, level B becomes the same as that of level A, and ΔT becomes 0% of minimum values.

[0080] When the control light incidence power to the membrane type optical element 8 was changed in 3.0 to 24mW and the size of optical response ΔT was compared, a result which is hung up over Table 1 was obtained. That is, even when the incidence power from the light source 1 to an optical element was a comparatively small value of 5.0mW, it turned out that the optical, comparatively big response of

deltaT=36% is given.

[0081]

[Table 1]

制御光 (6 3 3 n m) 入射パワー / m W	信号光 (6 9 4 n m) 光応答 Δ T / %
3 . 0	2 7
5 . 0	3 6
1 0 . 0	5 7
1 5 . 0	7 1
2 0 . 0	7 9
2 4 . 0	8 3

[Example 1 of a comparison] Although only polymethacrylic acid 2-hydroxypropyl was used, without using coloring matter, and also the matrix material independent thin film (50 micrometers of thickness) was created like the example 1 and the evaluation trial of an optical response was performed like the example 1 about this thin film, even if intermittent in the light of control light (wavelength of 633nm), the optical reinforcement of signal light (wavelength of 694nm) did not change at all. That is, it was checked in a matrix material independent that an optical response is not observed at all. Therefore, the optical response of originate [in the coloring matter which exists in said optical element] observed in the example 1 is clear.

[0082] [Example 2] In order to enlarge an optical response in the optical control approach and the optical control unit of this invention, complete respectively said control light and said signal light, and it irradiates to said optical element. And although what is necessary is just to arrange the optical path of said control light and said signal light, respectively so that the fields where the photon density near each focus of said control light and said signal light is the highest may overlap mutually in said optical element It is desirable to make signal light and control light spread by the same optical path substantially for that purpose. In addition, focus Fc at the time of making it converge by aperture angle 2theta with a condenser lens 7 etc., when it is the Gaussian beam from which the amplitude distribution of the electric field of said control light and said signal light is Gaussian distribution The situation of the beam in near and a wave front 30 is shown in drawing 10 . Here, it is 0 the diameter of 2omega of the Gaussian beam of wavelength lambda. The location omega 0 which becomes min, i.e., the radius of a beam waist, It is expressed with the following formula.

[0083]

[Equation 2] $\omega_0 = \lambda / (\pi \cdot \theta)$

For example, the radius of a beam waist when the radius of the beam waist when converging control light with a wavelength [of 633nm] and a beam diameter of 1mm converges similarly 2.02 micrometers of signal light with a wavelength [of 694nm] and a beam diameter of 8mm with the condenser lens (the focal distance of 5mm, numerical aperture 0.65) used in the example 1 is calculated with 0.327 micrometers (almost diffraction limitation).

[0084] As shown in drawing 5 , that signal light and control light can consider "It is the same optical path substantially" has the mutually parallel optical axis of :1 control light which is the following cases, and signal light. In the optical path L02 (radius r2) of control light, for example, a cross section, the optical path of signal light, For example, when a cross section L+1, L01, or L-1 (radius r1;r1 <=r2) laps and spreads, 2) The optical axis of control light and signal light is mutually parallel. In the optical path L02 (radius r2) of signal light, for example, a cross section, the optical path of control light, For example, when a cross section L+1, L01, or L-1 (radius r1;r1 <=r2) laps and spreads, 3) When the optical axis of control light and signal light are parallel (the distance l+1 between optical axis, l-1, or l+1+l-1) mutually and the optical path of

control light also of either a cross section L+1, L01 or L-1 and the optical path of signal light is either a cross section L+1, L01 or L-1.

[0085] The data of the following table 2 fix the optical path of signal light to a cross section L02 (diameter of 8mm) in the equipment of an example 1 as an example. Change of magnitude **T of signal light and an optical response 0.9 thru/or at the time of carrying out 1.2mm parallel displacement is shown for the optical path (optical axis) of the control light of a cross section L+1, L01, or L-1 (diameter of 1mm) as the distance l+1 between optical axis, or l-1.

[0086]

[Table 2]

制御光 (6 3 3 n m) の 平行移動距離 l / m m	信号光 (6 9 4 n m) 光応答 Δ T / %
- 0 . 9	6 8
- 0 . 6	8 2
- 0 . 3	8 4
0 . 0	8 8
+ 0 . 3	8 4
+ 0 . 6	8 1
+ 0 . 9	6 7
+ 1 . 2	3 2

Although an optical response when the optical axis of signal light and control light is completely in agreement is max, even if the distance l+1 between optical axis or l-1 shifts about **0.6mm, magnitude **T of an optical response changes about seven points.

[0087] Namely, the optical path of said control light and said signal light is arranged, respectively so that the fields (beam waist) where the photon density near each focus of the signal light which it converged, and control light is the highest may overlap mutually in said optical element. When the optical path of that said optical response becomes max when piling of these fields becomes max (i.e., when the optical axis of said control light and said signal light is completely in agreement), said control light, and said signal light was substantially the same, it turned out that an optical, sufficiently big response is obtained.

[0088] [Example 3] The beam of the signal light which penetrated the membrane type optical element 8 in equipment arrangement (drawing 1) of examples 1 and 2 is returned to a collimated beam with a light-receiving lens, and it is adjusting so that all the flux of lights of signal light may carry out incidence to a photodetector 22. In such equipment and optic arrangement, the optical response 222 of the direction where said signal light reinforcement which penetrated said optical element decreases is observed as mentioned above.

[0089] Here, if equipment is adjusted so that incidence of a part of flux of light (about several percent of a beam radius) of the signal light which penetrated the optical responsibility optical element, the part for example, the core of the flux of light, may be carried out to a detector 22, it will become possible to take out the luminous-density modulation of said signal light by said control light, and the optical response 223 of the direction where the reinforcement to which only signal light is especially applied corresponding to the exposure of signal light increases so that it may state below.

[0090] In order to restrict the amount of incident light to a photodetector 22 and for a part of signal light, a part for example, a core, to carry out incidence, as shown in drawing 6 , the distance d78 of the :1

condenser lens 7 with the following approaches and the optical responsibility thin film 8 is changed.

[0091] 2) Change the distance d89 of the light-receiving lens 9 and the optical responsibility thin film 8.

[0092] 3) Use drawing 19.

[0093] If the rate of signal optical refraction changes and the luminous density for a beam core increases by the exposure of control light, the signal strength of a detector 22 will increase. That is, the optical response of the direction where "apparent permeability" increases is observed by the exposure of control light.

[0094] For example, in equipment arrangement and terms and conditions of an example 1, first, the distance d89 of the light-receiving lens 9 and the membrane type optical element 8 was changed, and it adjusted so that only the amount of [of the flux of light of the signal light which penetrated the membrane type optical element 8] (about 30% of a beam radius) core might carry out incidence to a photodetector 22.

Subsequently, the distance d78 of the membrane type optical element 8 and a condenser lens 7 is changed, with spacing of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9 fixed. It is based on the location where the optical responsibility of the above-mentioned permeability fall direction is most greatly observed in the membrane type optical element 8 when the physical relationship of the focal location of the control light which it converged by the same optical path, and signal light, and the membrane type optical element 8 is changed. The optical response of the direction where signal luminous intensity increases was observed in the location brought close to a condenser lens 7 side 0.1mm, and the location kept away from the condenser lens 7 side 1.2mm. In addition, the optical element has been arranged to sense in which signal light and control light carry out incidence from the cover glass side of said membrane type optical element 8 here and which carries out outgoing radiation from a slide glass substrate side.

[0095] furthermore, as an approach of changing the focal location of control light and signal light which it converged by the same optical path here, and the physical relationship of an optical element For example, the stand which established the jogging device by precision ****, the stand which formed the piezoelectric-device actuator, Or attach the membrane type optical element 8, and make it move as mentioned above onto the stand which formed the ultrasonic actuator, and also The large thing of the nonlinear-refractive-index effectiveness can be used for the quality of the material of a condenser lens 7, and the approach of changing the power density of a control light pulse and changing a focal location, the method of using for the quality of the material of a condenser lens 7 what has a large coefficient of thermal expansion, changing temperature with heating apparatus, and changing a focal location, etc. can be used.

[0096] [Example 4] The outline configuration of the optical control unit of this example is shown in drawing 7 . Such an optical equipment configuration and arrangement can be suitably used, also when using optical elements other than the membrane type optical element 8 which is illustrated to drawing 7 , such as a fiber mold, an optical waveguide mold, and a micro channel array mold.

[0097] About the light sources 1 and 2, ND filter 3, a shutter 4, photodetectors 11 and 22, the membrane type optical element 8, the wavelength selection filter 20, and the oscilloscope 100, the same thing as an example 1 (drawing 1) was used similarly.

[0098] By using a dichroic mirror 21 by arrangement as shown in drawing 7 , while dividing control light and acting as the monitor of the optical reinforcement with a photodetector 11, the optical path of control light and signal light can be piled up, and the required photomixing machine 6 can be omitted by arrangement of drawing 1 . However, in arrangement of drawing 7 , in order to complement wavelength selection transparency and reflection of a dichroic mirror 21, it is desirable to form the wavelength selection transparency filter 10 which signal light is intercepted [filter] completely and makes only control light penetrate in front of a photodetector 11. Moreover, in order to avoid that signal light and/or control light have a bad influence on return and light equipment to the light sources 1 and 2, optical isolators 13 and 14 may be formed before the light sources 1 and 2 if needed, respectively.

[0099] As an optical convergence means at the time of completing the signal light and control light which made the optical path in agreement together, and irradiating to the membrane type optical element 8, a concave mirror 15 can be used in arrangement like drawing 7 instead of a condenser lens 7 and the light-receiving lens 9. Although the problem that a focal distance changes with wavelength strictly arises when using a lens as a convergence means common to signal light and control light, the worries do not exist at a concave mirror.

[0100] In the optical control unit of this invention which is illustrated to drawing 7 , indispensable equipment configuration elements are the light sources 1 and 2, a dichroic mirror 21, the wavelength selection transparency filter 20, a concave mirror 15, and the membrane type optical element 8.

[0101] In addition, the beam splitter of polarization or unpolarized light can also be used instead of the dichroic mirror 21 in drawing 7 .

[0102] As a procedure in case equipment as shows the optical control approach of this invention to drawing 7 performs, first, the optical path of control light (light source 1) and signal light (light source 2) is in agreement, and it adjusts so that an optical element 8 may be arranged in a common focal (beam waist) location. Subsequently In order to check the function of a dichroic mirror 21 and the wavelength selection transparency filters 10 and 20, When only there being no response in a photodetector 22 when the light sources' 1 and 2 are turned on by turns and only the light source's 1 is turned on (shutter 4 disconnection), and the light source 2 were turned on, it checked that there was no response in a photodetector 11.

[0103] Hereafter, like the case of an example 1, the light and the optical control approach using said membrane type optical element 8 were enforced, and the experimental result equivalent to the case of an example 1 was obtained.

[0104] [Example 5] The outline outline of the optical control unit of this example is shown in drawing 8 . By drawing 1 , drawing 2 , and the equipment configuration illustrated to drawing 7 , the description is that it is irradiating so that an optical axis may be made in agreement and signal light and control light may be converged with the same focus from an opposite direction by drawing 8 as compared with making signal light and control light irradiate from the same direction to an optical responsibility optical element.

[0105] Such an optical equipment configuration and arrangement can be suitably used, also when using optical elements other than the membrane type optical element 8 which is illustrated to drawing 8 , such as a fiber mold, an optical waveguide mold, and a micro channel array mold.

[0106] In the equipment configuration illustrated to drawing 8 , the same thing as an example 1 (drawing 1) and/or an example 4 (drawing 7) can be similarly used about the light sources 1 and 2, ND filter 3, a shutter 4, a condenser lens 7, the membrane type optical element 8, the wavelength selection transparency filters 10 and 20, photodetectors 11 and 22, optical isolators 13 and 14, and an oscilloscope 100.

[0107] By using the dichroic mirror (23 and 24) of two sheets by arrangement as shown in drawing 8 , it can irradiate so that an optical axis may be made in agreement and signal light and control light may be converged with the same focus from an opposite direction. In addition, two condenser lenses 7 serve as a role of a light-receiving lens 9 for returning the control light and signal light which have penetrated the optical element to a collimated beam, respectively.

[0108] In the optical control unit of this invention which is illustrated to drawing 8 , indispensable equipment configuration elements are the light source 1 and the dichroic mirror (23 and 24) of 2 or 2 sheets, the wavelength selection transparency filter 10, 20 or 2 condenser lenses 7, and the membrane type optical element 8.

[0109] In addition, polarization or an unpolarized light beam splitter can also be used instead of the dichroic mirror (23 and 24) in drawing 8 .

[0110] As a procedure in case equipment as shows the optical control approach of this invention to drawing 8 performs, first, the optical path of control light (light source 1) and signal light (light source 2) is in agreement, and it adjusts so that an optical element 8 may be arranged in a common focal location. Subsequently In order to check the function of the wavelength selection transparency filters 10 and 20, when only there being no response in a photodetector 22 when the light sources' 1 and 2 are turned on by turns and only the light source's 1 is turned on (shutter 4 disconnection), and the light source 2 were turned on, it checked that there was no response in a photodetector 11.

[0111] Hereafter, like the case of an example 1, the light and the optical control approach using said membrane type optical element 8 were enforced, and the experimental result equivalent to the case of an example 1 was obtained.

[0112] [Example 2 of a comparison] In order to conduct the comparative experiments based on a Prior art, according to description of JP,53-137884,A, JP,63-231424,A, and JP,64-73326,A, optical control was tried using the equipment of a configuration as an outline is shown in drawing 9 . That is, the semiconductor laser light (wavelength of 694nm) from the light source 2 of the signal light which extracted to the solution cel 17 made from a quartz of 1cm of optical path lengths, and let 19 pass was irradiated, and a transmitted light was received with the photodetector 22 via the wavelength selection transparency filter 20, and on the other hand, from the direction which intersects perpendicularly with signal light, the whole optical path of the signal light which penetrates the solution cel 17 was made to diffuse control light using a projector lens 16, and was irradiated. In the equipment configuration of drawing 9 , the role and specification of the light source 1 (wavelength of 633nm) of signal light, ND filter 3, a shutter 4, the transfective mirror 5, and a photodetector 11 are the same as that of the case of an example 1. In addition, preventing the control light scattered about from the solution cel 17 carrying out incidence of the wavelength selection transparency filter 20 to a photodetector 22, and having used it in the example 1 and the same thing can be used.

[0113] Like the example 1 as coloring matter, using cyanine dye DODCI, first, the solution cel 17 was filled up with methanol solution, and it was examined. About coloring matter concentration, it took into consideration that it was 1cm of 200 times as many optical path lengths as this to 50 micrometers of differences of the optical path length, i.e., the optical path length in the case of an example 1, and was set as 1/200 of the concentration in the case of an example 1 (1.25×10^{-4} mol/l), and it adjusted so that it might become equivalent to the case where effectual permeability is an example 1. Like the case of an example 1, by ND filter 3, the power of the control light which carries out incidence to an optical element (solution cel 17) was adjusted in 0.5mW thru/or 25mW, and control light was blinked using the shutter 4. However, even if it made power of control light into max, the result that the signal luminous intensity which carries out incidence to a photodetector 22 did not change at all was obtained. That is, as long as the power of control light was adjusted in 0.5mW thru/or 25mW, in the equipment configuration and equipment arrangement of drawing 9, light and optical control were unrealizable.

[0114] Subsequently, what dissolved cyanine dye DODCI into the 2-hydroxypropyl methacrylate monomer by 1.25×10^{-4} to 4 mol/l. concentration, was made to carry out the polymerization of the monomer as a solid-state component instead of a solution sample, and was processed into the rectangular parallelepiped mold optical element (1cm of optical path lengths) was placed instead of the solution cel 17, and was examined like the case of a solution sample. Consequently, also when a solid-state component was used, as long as the power of control light was adjusted in 0.5mW thru/or 25mW, in the equipment configuration and equipment arrangement of drawing 9, it was checked that light and optical control are unrealizable.

[0115] [Example 6] An equipment configuration which is illustrated to drawing 1 like the case of an example 1, As the light source 1 of control light, as the light source 2 of a helium neon laser (wavelength of 633nm), and signal light as semiconductor laser (wavelength of 694nm), and a condenser lens 7 The permeability of an optical element and the relation of magnitude ΔT of an optical response were investigated using the membrane type optical element 8 which changed and created permeability variously using the objective lens for microscopes of the focal distance of 5mm, and numerical aperture 0.65. In addition, the power of control light set to 10mW, and measured the magnitude of an optical response of the direction where the permeability of signal light decreases by the exposure of control light.

[0116] The sample of the membrane type optical element 8 was created by the approach same with having illustrated in the example 1. However, using what changed the anion part (I-) of DODCI into tetrafluoroborate (BF₄-) as coloring matter, coloring matter concentration was set to 2.5×10^{-4} to 2 mol/l., created that from which the thickness of coloring matter / polymer film is changed in 20 to 100 micrometers, and permeability differs, and made it the sample.

[0117] The measurement result of magnitude ΔT of an optical response of the direction where the permeability of control light and each signal light and the permeability of signal light decrease was as hanging up over Table 3.

[0118]

[Table 3]

制御光 (633nm) 透過率/%	信号光 (694nm) 透過率/%	信号光 (694nm) 光応答 ΔT / %
18	90	63
28	91	55
38	91	43
48	90	35
58	91	29
70	91	24

Although the permeability of signal light (694nm) was 90 thru/or 91% also in which sample, it was checked

that optical response ΔT of the direction where the permeability of signal light decreases becomes large, so that the permeability of control light was small (i.e., so that the light absorption in the wavelength of control light was large), when the permeability of control light (633nm) was changed in 18% thru/or 70% of range.

[0119] In addition, quantitative measurement was difficult although thickness of a sample was made still thinner and examined about the case of 90% of permeability of control light, and the optical response was detected slightly.

[0120] [Example 7] The permeability of an optical element and the relation of magnitude ΔT of an optical response were investigated like the case of an example 6 using the membrane type optical element 8 which changed and created permeability variously.

[0121] However, using the KURIPUTO cyanine (Tokyo formation make) of cyanine dye as coloring matter, the thickness of coloring matter / polymer film set to about 50 micrometers, created that from which coloring matter concentration is changed in the range of 1×10 to 3 mol/l . thru/or $2.5 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$, and permeability differs, and was taken as the sample. Moreover, semiconductor laser (continuous-oscillation output 2W, Gaussian beam with a beam diameter of 6mm) with an oscillation wavelength of 830nm was used as the light source 2 of signal light.

[0122] The measurement result of magnitude ΔT of an optical response of the direction where the permeability of control light and each signal light and the permeability of signal light decrease was as hanging up over Table 4.

[0123]

[Table 4]

制御光 (633nm) 透過率 / %	信号光 (830nm) 透過率 / %	信号光 (830nm) 光応答 ΔT / %
0.02	80	73
0.01	60	69
0.02	39	64
0.01	21	35
0.01	16	29
0.01	6	(検出されず)

Although the permeability of control light (633nm) was 0.02% or less also in which sample, it was checked that optical response ΔT of the direction where the permeability of signal light decreases becomes large, so that the permeability of signal light was large (i.e., so that the light absorption in the wavelength of signal light was small), when the permeability of signal light (830nm) was changed in 6% thru/or 80% of range. In addition, in the case of 6% of permeability of signal light, the optical response was under limit of detection.

[0124]

[Effect of the Invention] As mentioned above, as explained to the detail, according to the optical control approach and the optical control unit of this invention, it becomes realizable by making laser light in a visible region into control light to modulate efficiently the signal light in a near infrared ray field in practically sufficient speed of response with very simple optical equipment, for example, without using an electronic circuitry etc. entirely.

[0125] Moreover, the direct modulation of the near infrared ray laser by the visible-ray laser using the optical control approach and the optical control unit of this invention is very useful in an application which carries out direct modulation of the near infrared ray laser which was suitable for making the inside of air spread with the visible-ray laser suitable for making for example, the inside of a polymethylmethacrylate system plastic optical fiber spread. Moreover, it is expected that it is useful when developing a new optical operation method, for example in the field of optical computing.

[0126] Furthermore, according to the optical control approach and the optical control unit of this invention, the optical element which consists of the optical responsibility constituent which dissolves or distributed coloring matter in the matrix material as an optical element can be used, and the selection range of the ingredient used for said optical element can be extended, and processing to an optical element can be made easy, and the path of use in the industrial world can be cultivated widely.

[Translation done.]

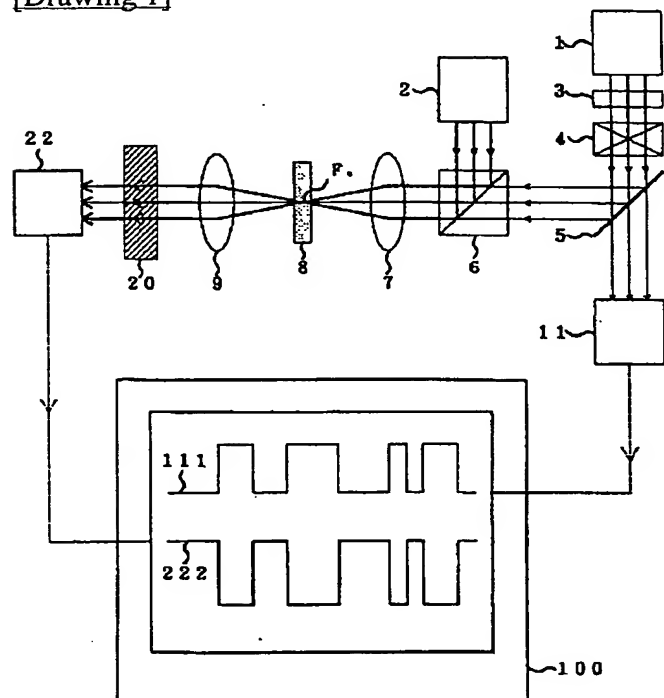
* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

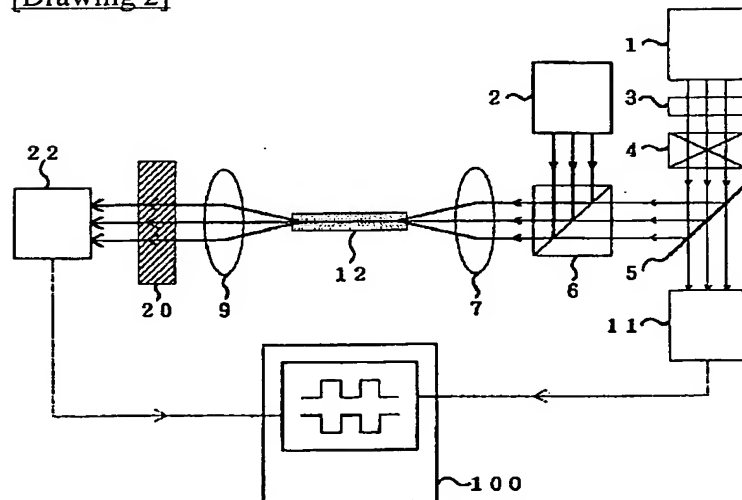
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DRAWINGS

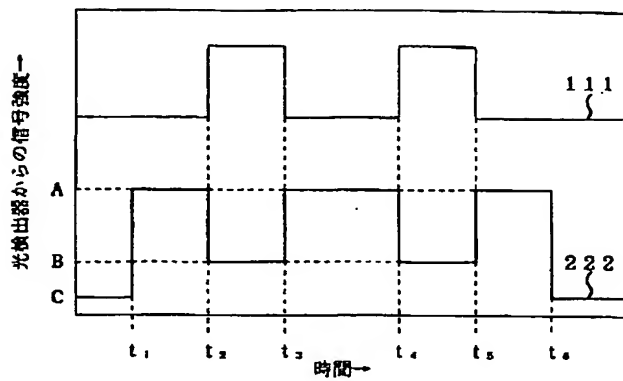
[Drawing 1]



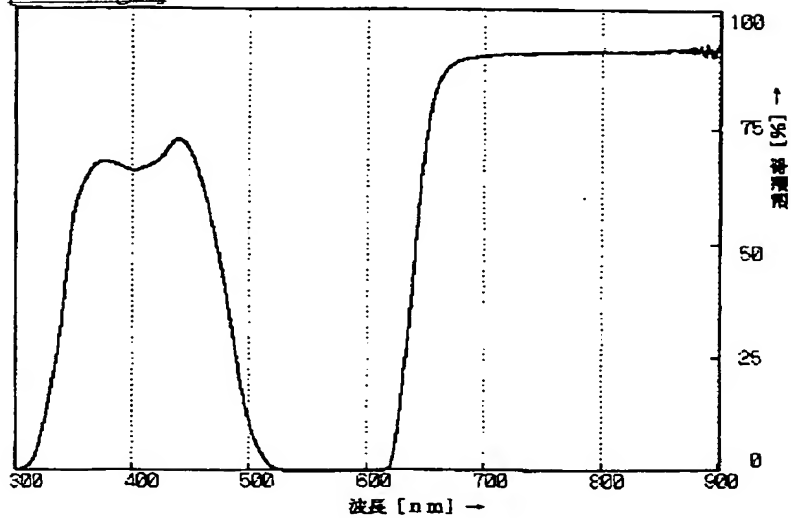
[Drawing 2]



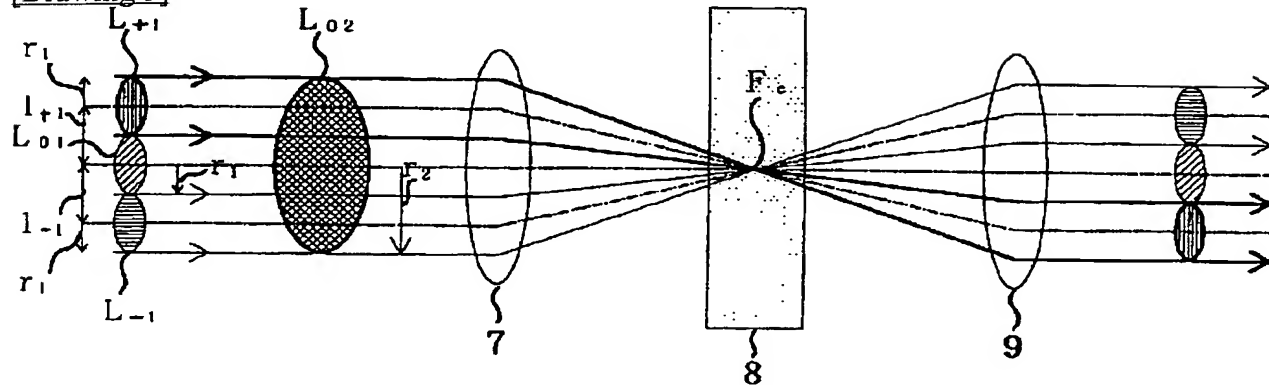
[Drawing 4]



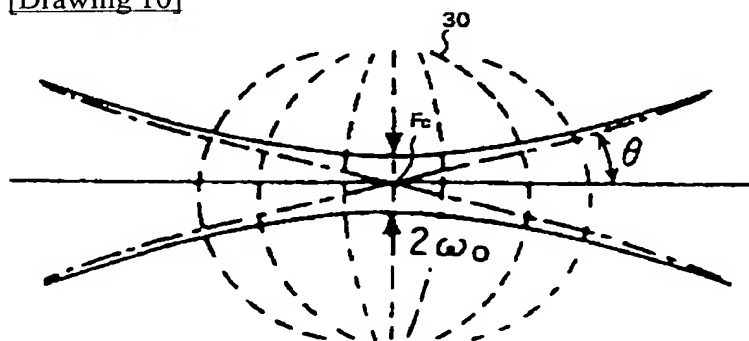
[Drawing 3]



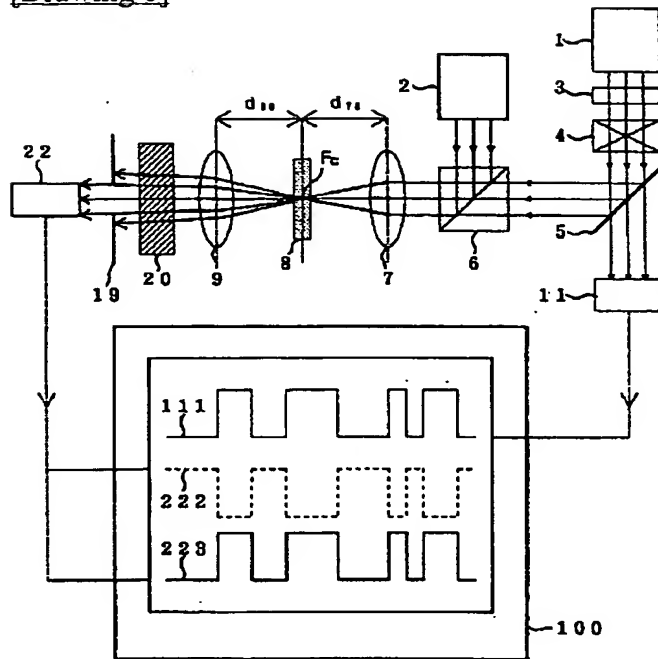
[Drawing 5]



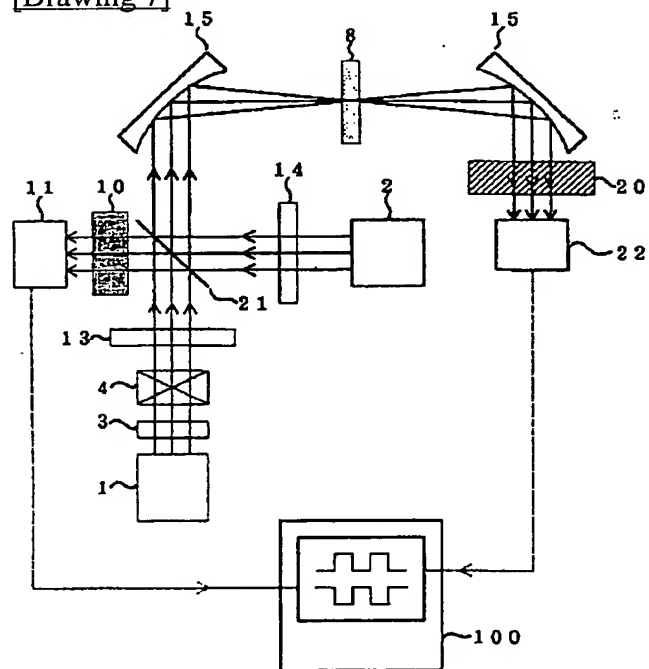
[Drawing 10]



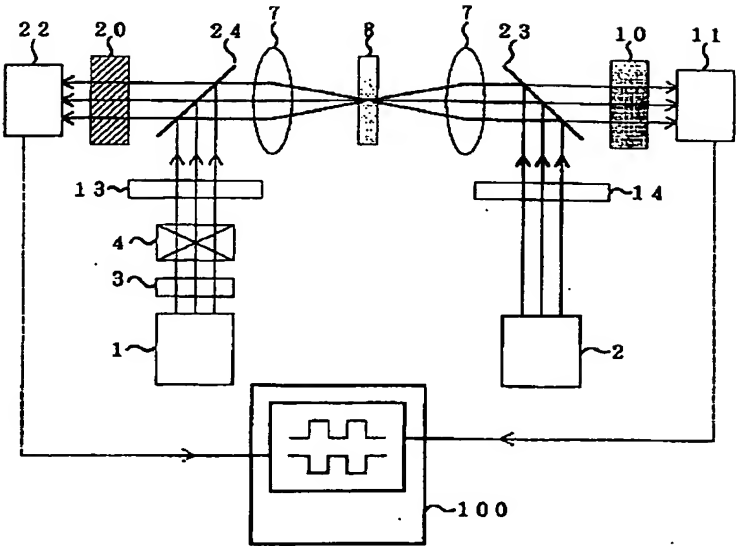
[Drawing 6]



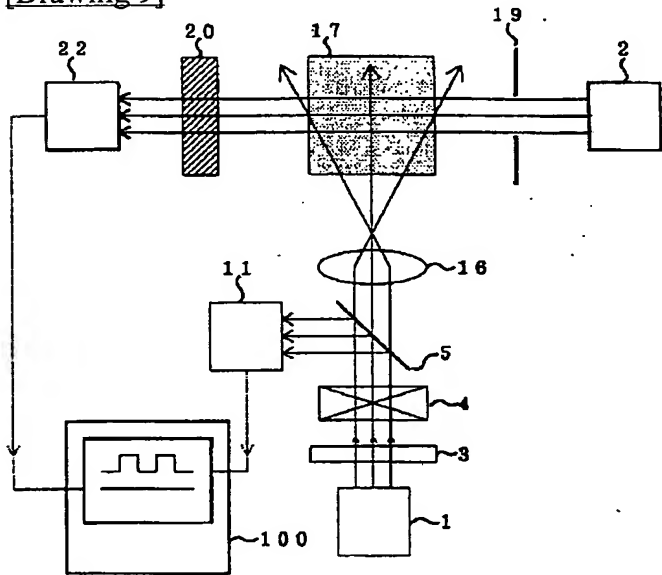
[Drawing 7]



[Drawing 8]



[Drawing 9]



[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-286220

(43)公開日 平成8年(1996)11月1日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 F 1/35			G 0 2 F 1/35	
1/01			1/01	Z

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 19 頁)

(21)出願番号 特願平8-26419

(22)出願日 平成8年(1996)2月14日

(31)優先権主張番号 特願平7-25618

(32)優先日 平7(1995)2月14日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004329

日本ビクター株式会社

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地

(71)出願人 000002820

大日精化工業株式会社

東京都中央区日本橋馬喰町1丁目7番6号

(72)発明者 河西 利記

神奈川県横浜市神奈川区守屋町3丁目12番地 日本ビクター株式会社内

(74)代理人 弁理士 吉田 研二 (外2名)

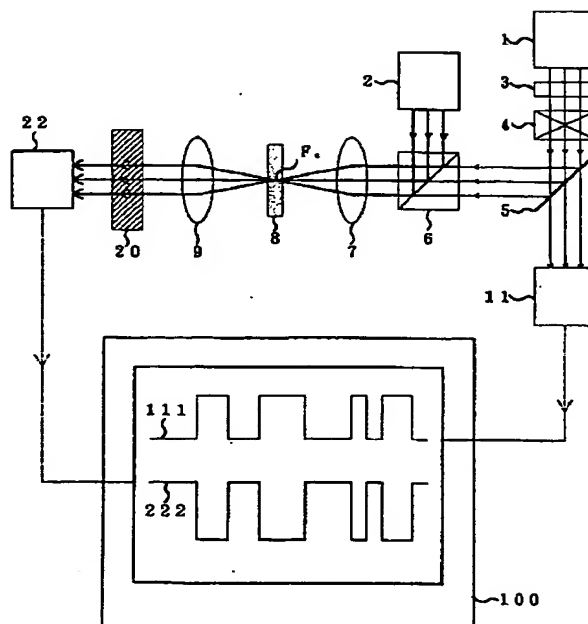
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 光制御方法および光制御装置

(57)【要約】

【課題】 できる限り低い光パワーで十分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置を提供する。

【解決手段】 光源1から制御光が、光源2から信号光が射出する。制御光および信号光は集光レンズ7で収束され、光学素子8に照射される。受光レンズ9および波長選択透過フィルタ20を経て光検出器22で信号光のみが検出される。制御光のON、OFFにより信号光の透過率が可逆的に増減し、信号光の強度変調が実現する。制御光および信号光を収束させて同一光路上を伝播させることにより、光応答性組成物中の励起種と制御光および信号光の光子の相互作用効率を著しく向上させることが可能となり、従来に比べ低い光パワーで十分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すことが可能になる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に変化させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法であって、前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置することを特徴とする光制御方法。

【請求項2】 請求項1記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光を前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播させることを特徴とする光制御方法。

【請求項3】 請求項1または2記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする光制御方法。

【請求項4】 請求項1から3いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子として、色素を含有した光応答性組成物から成るものを用いることを特徴とする光制御方法。

【請求項5】 請求項1から4いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子として、前記制御光の透過率が多くとも90%以下で、かつ、前記制御光を照射しない状態での前記信号光の透過率が少なくとも10%以上となるように調整されたものを用い、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする光制御方法。

【請求項6】 光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に増減させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法に用いられる光制御装置であって、前記制御光および前記信号光をそれぞれ収束させる収束手段を有し、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合うよう前記制御光および前記信号光の光路配置がなされ、かつ、前記光学素子は、収束された前記制御光および前

記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合う位置に配置されていることを特徴とする光制御装置。

【請求項7】 請求項6記載の光制御装置において、さらに、前記制御光および前記信号光が前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播するような光路配置を有することを特徴とする光制御装置。

【請求項8】 請求項6記載の光制御装置において、更に、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させる移動手段と、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させて受光する受光範囲調節手段と、を有し、前記移動手段および／または前記受光範囲調節手段を用いることによって、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする光制御装置。

【請求項9】 請求項6から8いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、色素を含有した光応答性組成物から成ることを特徴とする光制御装置。

【請求項10】 請求項6から9いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、制御光の透過率が多くとも90%以下で、かつ、制御光を照射しない状態での信号光の透過率が少なくとも10%以上となるように調整され、制御光の照射によって、信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする光制御装置。

【請求項11】 請求項6から10いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子を透過してきた信号光と制御光の混合光を、信号光と制御光とに分離する手段を有することを特徴とする光制御装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、例えば光通信、光情報処理などの光エレクトロニクスおよびフォトンクスの分野において有用な、光応答性組成物から成る光学素子を用いる光制御方法および光制御装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】超高速情報伝達・処理を目的として、光の多重性、高密度性に着目した光エレクトロニクスおよびフォトンクスの分野において、光学材料または光学組成物を加工して作成した光学素子に光を照射することで引き起こされる透過率や屈折率の変化を利用して、電子

回路技術を用いずに、光の強度（振幅）または周波数（波長）を変調しようとする光・光制御方法の研究開発が盛んに進められている。また、光の特徴を活かして、並列光論理演算や画像処理を行おうとする場合、光ビームの断面に光強度分布変化など、何等かの変調を行うための「空間光変調器」が極めて重要であり、ここへも光・光制御方法の適用が期待される。

【0003】光・光制御方法への応用が期待される現象としては可飽和吸収、非線形屈折、フォトリフラクティブ効果などの非線形光学効果、およびフォトリソミック現象が広く注目を集めている。

【0004】一方、第一の波長帯域の光で励起された分子が、分子構造の変化を伴わずに、第一の波長帯域とは異なる第二の波長帯域において新たに光吸収を起こす現象も知られており、これを「励起状態吸収」または「誘導吸収」、あるいは「過渡吸収」と呼ぶことができる。

【0005】励起状態吸収の応用を試みた例としては、例えば、特開昭53-137884号公報にはポルフィリン系化合物と電子受容体を含んだ溶液または固体に対して波長の異なる少なくとも二種類の光線を照射し、この照射により一方の波長の光線が有する情報を他方の光線の波長に移すような光変換方法が開示されている。また、特開昭55-100503号公報および特開昭55-108603号公報にはポルフィリン誘導体などの有機化合物の基底状態と励起状態の間の分光スペクトルの差を利用し、励起光の時間的な変化に対応して伝搬光を選択するような機能性の液体コア型光ファイバーが開示されている。また、特開昭63-89805号公報には光によって励起された三重項状態から更に上位の三重項状態への遷移に対応する吸収を有するポルフィリン誘導体などの有機化合物をコア中に含有しているプラスチック光ファイバーが開示されている。また、特開昭63-236013号公報にはクリプトシアニンなどのシアニン色素の結晶に第一の波長の光を照射して分子を光励起した後、第一の波長とは異なる第二の波長の光を前記分子に照射し、第一の波長の光による光励起状態によって第二の波長の光の透過または反射をスイッチングするような光機能素子が開示されている。また、特開昭64-73326号公報にはポルフィリン誘導体などの光誘起電子移動物質をマトリックス材料中に分散した光変調媒体に第一および第二の波長の光を照射して、分子の励起状態と基底状態の間の吸収スペクトルの差を利用して光変調するような光信号変調媒体が開示されている。

【0006】これら従来技術で用いられている光学装置の構成としては、特開昭55-100503号公報、特開昭55-108603号公報、および特開昭63-89805号公報には伝搬光の伝播する光ファイバーを励起光の光源（例えばフラッシュランプ）の周囲に巻きつけるような装置構成が開示されており、特開昭53-137884号公報および特開昭64-73326号公報

には光応答性光学素子内部の信号光に相当する光の伝播している部分全体に信号光の光路とは別の方向から制御光に相当する光を収束させることなくむしろ投射レンズなどの手段によって拡散させて照射するような装置構成が開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、以上のような従来技術においては、実用に足りる大きさの透過率変化または屈折率変化を引き起こすためには非常に高密度の光パワーを必要としたり、光照射に対する応答が遅かったりするため、実用に至るものは未だ得られていないのが現状である。

【0008】本発明は、上記従来技術の有する課題を解消し、できる限り低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】〔本発明に係る光制御方法〕上記目的を達成するために、本願の請求項1記載の発明に係る光制御方法は、光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に変化させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法であって、前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置することを特徴とする。

【0010】また、本願の請求項2記載の発明に係る光制御方法は、請求項1記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光を前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播させることを特徴とする。

【0011】請求項3記載の発明に係る光制御方法は、請求項1または2記載の光制御方法において、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする。

【0012】請求項4に係る光制御方法は、請求項1から3いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子として、色素を含有した光応答性組成物から成るものを用いることを特徴とする。

【0013】請求項5に係る光制御方法は、請求項1から4いずれか記載の光制御方法において、前記光学素子

として、前記制御光の透過率が多くとも90%以下で、かつ、前記制御光を照射しない状態での前記信号光の透過率が少なくとも10%以上となるように調整されたものを、前記制御光の照射によって、前記光学素子を透過した前記信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする。

【0014】[本発明に係る光制御装置] 上記目的を達成するために、本願の請求項6記載の発明に係る光制御装置は、光応答性組成物から成る光学素子に制御光を照射し、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に増減させることにより前記光学素子を透過する前記信号光の強度変調および／または光束密度変調を行う光制御方法に用いられる光制御装置であって、前記制御光および前記信号光をそれぞれ収束させる収束手段を有し、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合うよう前記制御光および前記信号光の光路配置がなされ、かつ、前記光学素子は、収束された前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が互いに重なり合った位置に配置されていることを特徴とする。

【0015】また、請求項7記載の発明に係る光制御装置は、請求項6記載の光制御装置において、更に、前記制御光および前記信号光が前記光学素子中において実質的に同一光路で伝播するような光路配置を有することを特徴とする。

【0016】請求項8記載の発明に係る光制御装置は、請求項6記載の光制御装置において、更に、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させる移動手段と、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させて受光する受光範囲調節手段と、を有し、前記移動手段および／または前記受光範囲調節手段を用いることによって、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点位置と前記光学素子との位置関係を変化させ、および／または、前記光学素子を透過した前記信号光の光束を受光する範囲を変化させることにより、前記制御光の照射によって前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答と前記信号光の光束密度が増減する光応答との、両方、またはどちらか一方を選択して取り出すことを特徴とする。

【0017】請求項9に係る光制御装置は、請求項6から8いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、色素を含有した光応答性組成物から成ることを特徴とする。

【0018】請求項10に係る光制御装置は、請求項6から9いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子は、制御光の透過率が多くとも90%以下で、かつ、制御光を照射しない状態での信号光の透過率が少なくとも10%以上となるように調整され、制御光の照射によ

って、信号光の透過率が減少する方向の光応答を取り出すことを特徴とする。

【0019】請求項11に係る光制御装置は、請求項6から10いずれか記載の光制御装置において、前記光学素子を透過してきた信号光と制御光の混合光を、信号光と制御光とに分離する手段を有することを特徴とする。

【0020】[光応答性組成物] ここで、本発明における制御光を照射したとき、制御光とは異なる波長帯域にある信号光の透過率および／または屈折率を可逆的に可変させるような光学素子に用いられる光応答性組成物としては、公知の種々のものを使用することができる。

【0021】その例を具体的に挙げるならば、例えば、GaAs、GaAsP、GaAlAs、InP、InSb、InAs、PbTe、InGaAsP、ZnSeなどの化合物半導体の単結晶、前記化合物半導体の微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、異種金属イオンをドープした金属ハロゲン化物（例えば臭化カリウム、塩化ナトリウムなど）の単結晶、前記金属ハロゲン化物（例えば臭化銅、塩化銅、塩化コバルトなど）の微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、銅などの異種金属イオンをドープしたCdS、CdSe、CdSeS、CdSeTeなどのカドミウムカルコゲナイドの単結晶、前記カドミウムカルコゲナイドの微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、シリコン、ゲルマニウム、セレン、テルルなどの半導体単結晶薄膜、多結晶薄膜、ないし多孔質薄膜、シリコン、ゲルマニウム、セレン、テルルなどの半導体微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、白金、金、パラジウムなどの貴金属微粒子をマトリックス材料中へ分散したもの、ルビー、アレキサンドライト、ガーネット、Nd:YAG、サファイア、Ti:サファイア、Nd:YLFなど、金属イオンをドープした宝石に相当する単結晶（いわゆるレーザー結晶）、金属イオン（例えば鉄イオン）をドープしたニオブ酸リチウム(LiNbO₃)、LiB₃O₅、LiTaO₃、KTiOPO₄、KH₂PO₄、KNbO₃、BaB₂O₂などの強誘電性結晶、金属イオン（例えばネオジウムイオン、エルビウムイオンなど）をドープした石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスその他のガラスなどのほか、マトリックス材料中に色素を溶解または分散したものを好適に使用することができる。

【0022】これらの中でも、マトリックス材料中に色素を溶解または分散したものは、マトリックス材料および色素の選択範囲が広く、かつ光学素子への加工も容易であるため、本発明で特に好適に用いることができる。

【0023】本発明で用いることのできる色素の具体例としては、例えば、ローダミンB、ローダミン6G、エオシン、フロキシシンBなどのキサンテン系色素、アクリジンオレンジ、アクリジンレッドなどのアクリジン系色素、エチルレッド、メチルレッドなどのアゾ色素、ポリフィリン系色素、フタロシアニン系色素、3、3'-ージ

エチルチアカルボシアニンヨージド、3、3'-ジエチルオキサジカルボシアニンヨージドなどのシアニン色素などを好適に使用することができる。

【0024】本発明では、これらの色素を単独で、または、2種類以上を混合して使用することができる。

【0025】本発明で用いることのできるマトリックス材料は、(1)本発明の光制御方式で用いられる光の波長領域で透過率が高いこと、(2)本発明で用いられる色素または種々の微粒子を安定性良く溶解または分散できること、(3)光学素子としての形態を安定性良く保つことができること、という条件を満足するものであれば任意のものを使用することができる。

【0026】無機系のマトリックス材料としては、例えば金属ハロゲン化物の単結晶、金属酸化物の単結晶、金属カルコゲナイドの単結晶、石英ガラス、ソーダガラス、ホウケイ酸ガラスなどの他、いわゆるゾルゲル法で作成される低融点ガラス材料などを使用することができる。

【0027】また、有機系のマトリックス材料としては、例えば種々の有機高分子材料を使用することができる。有機高分子材料の具体例としては、ポリスチレン、ポリ(α-メチルスチレン)、ポリインデン、ポリ(4-メチル-1-ペンテン)、ポリビニルピリジン、ポリビニルホルマール、ポリビニルアセタール、ポリビニルブチラール、ポリ酢酸ビニル、ポリビニルアルコール、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリビニルメチルエーテル、ポリビニルエチルエーテル、ポリビニルベンジルエーテル、ポリビニルメチルケトン、ポリ(N-ビニルカルバゾール)、ポリ(N-ビニルピロリドン)、ポリアクリル酸メチル、ポリアクリル酸エチル、ポリアクリル酸、ポリアクリロニトリル、ポリメタクリル酸メチル、ポリメタクリル酸エチル、ポリメタクリル酸ブチル、ポリメタクリル酸ベンジル、ポリメタクリル酸シクロヘキシル、ポリメタクリル酸、ポリメタクリル酸アミド、ポリメタクリロニトリル、ポリアセトアルデヒド、ポリクロラール、ポリエチレンオキシド、ポリプロピレンオキシド、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリカーボネイト類(ビスフェノール類+炭酸)、ポリ(ジエチレングリコール・ビスアリルカーボネイト)類、6-ナイロン、6、6-ナイロン、12-ナイロン、6、12-ナイロン、ポリアスパラギン酸エチル、ポリグルタミン酸エチル、ポリリジン、ポリプロリン、ポリ(γ-ベンジル-L-グルタメート)、メチルセルロース、エチルセルロース、ベンジルセルロース、ヒドロキシエチルセルロース、ヒドロキシプロピルセルロース、アセチルセルロース、セルローストリアセテート、セルローストリブチレート、アルキド樹脂(無水フタル酸+グリセリン)、脂肪酸変性アルキド樹脂(脂肪酸+無水フタル酸+グリセリン)、不飽和ポリエステル樹脂(無水マレイン酸+無水フタル

酸+プロピレングリコール)、エポキシ樹脂(ビスフェノール類+エピクロロヒドリン)、ポリウレタン樹脂、フェノール樹脂、尿素樹脂、メラミン樹脂、キシレン樹脂、トルエン樹脂、グアナミン樹脂などの樹脂、ポリ(フェニルメチルシラン)などの有機ポリシラン、有機ポリゲルマン、およびこれらの共重合・共重縮合体が挙げられる。また、二硫化炭素、四フッ化炭素、エチルベンゼン、パーフルオロベンゼン、パーフルオロシクロヘキサン、トリメチルクロロシランなどの、通常では重合性のない化合物をプラズマ重合して得た高分子化合物も使用することができる。

【0028】また、これらの有機高分子化合物に有機色素や光非線形効果を示す有機低分子化合物の残基をモノマー単位の側鎖として、あるいは架橋基として、共重合モノマー単位として、または、重合開始末端として結合させたものをマトリックス材料として使用することもできる。

【0029】一方、これらのマトリックス材料中へ色素を溶解または分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、色素とマトリックス材料を共通の溶媒中へ溶解して混合した後、溶媒を蒸発させて除去する方法、ゾルゲル法で製造する無機系マトリックス材料の原料溶液へ色素を溶解または分散させてからマトリックス材料を形成する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、色素を溶解または分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、色素と有機高分子系マトリックス材料を共通の溶媒中に溶解した溶液を、色素および熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の両方が不溶の溶剤中へ滴下し、生じた沈殿を濾別し乾燥してから加熱・溶融加工する方法などを好適に用いることができる。色素とマトリックス材料の組合せおよび加工方法を工夫することで、色素分子を凝集させ、「H会合体」や「J会合体」などと呼ばれる特殊な会合体を形成させることができることが知られているが、マトリックス材料中の色素分子をこのような凝集状態もしくはは会合状態を形成する条件で使用しても良い。

【0030】また、これらのマトリックス材料中へ前記の種々の微粒子を分散させるには公知の方法を用いることができる。例えば、前記微粒子をマトリックス材料の溶液、または、マトリックス材料の前駆体の溶液に分散した後、溶媒を除去する方法、有機高分子系マトリックス材料のモノマー中へ、必要に応じて溶媒を用いて、前記微粒子を分散させてから該モノマーを重合ないし重縮合させてマトリックス材料を形成する方法、微粒子の前駆体として、例えば過塩素酸カドミウムや塩化金などの金属塩を有機高分子系マトリックス材料中に溶解または分散した後、硫化水素ガスで処理して硫化カドミウムの微粒子を、または、熱処理することで金の微粒子を、それぞれマトリックス材料中に析出させる方法、化学的

気相成長法、スパッタリング法などを好適に用いることができる。

【0031】なお、本発明で用いられる光応答性組成物は、その機能に支障をきたさない範囲において、加工性を向上させたり、光学素子としての安定性・耐久性を向上させるため、副成分として公知の酸化防止剤、紫外線吸収剤、一重項酸素クエンチャー、分散助剤などを含有しても良い。

【0032】〔光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域の組合せ〕本発明の光制御方法で利用される光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域は、これらの組合わせとして、使用目的に応じて適切な組合わせを選定し用いることができる。

【0033】具体的な設定手順としては、例えば、まず、使用目的に応じて信号光の波長ないし波長帯域を決定し、これを制御するのに最適な光応答性組成物と制御光の波長の組合わせを選定すれば良い。または、使用目的に応じて信号光と制御光の波長の組合わせを決定してから、この組合わせに適した光応答性組成物を選定すれば良い。

【0034】本発明で用いられる光応答性組成物の組成、および前記光応答性組成物から成る光学素子中を伝播する信号光および制御光の光路長については、これらの組合わせとして、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率を基準にして設定することができる。例えば、まず、光応答性組成物の組成の内、少なくとも制御光あるいは信号光を吸収する成分の濃度を決定し、次いで、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率が特定の値になるよう光学素子中を伝播する信号光および制御光の光路長を設定することができる。または、まず、例えば装置設計上の必要に応じて、光路長を特定の値に設定した後、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率が特定の値になるよう光応答性組成物の組成を調整することができる。

【0035】本発明は、できる限り低い光パワーで十分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すような光制御方法および光制御装置を提供することを目的としているが、この目的を達成するために最適な、光学素子を透過する制御光および信号光の透過率の値は、それぞれ、次に示す通りである。

【0036】本発明の光制御方法および光制御装置では、光学素子を伝播する制御光の透過率が多くとも90%以下になるよう光応答性組成物中の光吸収成分の濃度および存在状態の制御、光路長の設定を行うことが推奨される。

【0037】ここで、制御光の照射によって信号光の透過率が減少する方向の光応答を利用しようとする場合、制御光を照射しない状態において、光学素子を伝播する信号光の透過率が少なくとも10%以上になるよう光応

答性組成物中の光吸収成分の濃度および存在状態の制御、光路長の設定を行うことが推奨される。

【0038】〔光学素子〕本発明で用いられる光学素子の形態は、本発明の光制御装置の構成に応じて、薄膜、厚膜、板状、ブロック状、円柱状、半円柱状、四角柱状、三角柱状、凸レンズ状、凹レンズ状、マイクロレンズアレイ状、ファイバー状、マイクロチャンネルアレイ状、および光導波路型などの中から適宜選択することができる。本発明で用いられる光学素子の作成方法は、光学素子の形態および使用する光応答組成物の種類に応じて任意に選定され、公知の方法を用いることができる。

【0039】例えば、薄膜状の光学素子を例えば色素とマトリックス材料から製造する場合、色素およびマトリックス材料を溶解した溶液を例えばガラス板上に塗布法、ブレードコート法、ロールコート法、スピンコート法、ディッピング法、スプレー法などの塗工法で塗工するか、あるいは、平版、凸版、凹版、孔版、スクリーン、転写などの印刷法で印刷すれば良い。この場合、ゾルゲル法による無機系マトリックス材料作成方法を利用することもできる。

【0040】例えば、用いる有機高分子系マトリックス材料が熱可塑性の場合、ホットプレス法（特開平4-99609号公報）や延伸法を用いても薄膜ないし厚膜状の膜型光学素子を作成することができる。

【0041】板状、ブロック状、円柱状、半円柱状、四角柱状、三角柱状、凸レンズ状、凹レンズ状、マイクロレンズアレイ状の光学素子を作成する場合は、例えば有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを用いてキャスト法やリアクション・インジェクション・モールド法で成型することができる。また、熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料を用いる場合、色素を溶解または分散したベレットまたは粉末を加熱溶融させてから射出成形法で加工しても良い。

【0042】ファイバー状の光学素子は、例えば、金属イオンをドーブした石英ガラスを熔融延伸してファイバー化する方法、ガラスキャピラリー管の中に有機高分子系マトリックス材料の原料モノマーに色素を溶解または分散させたものを流し込むか、または、毛管現象で吸い上げたものを重合させる方法、または、色素を溶解または分散させた熱可塑性の有機高分子系マトリックス材料の円柱、いわゆるプリフォームをガラス転移温度よりも高い温度まで加熱、糸状に延伸してから、冷却する方法などで作成することができる。

【0043】上記のようにして作成したファイバー状の光学素子を多数束ねて接着ないし融着処理してから薄片状ないし板状にスライスすることによりマイクロチャンネルアレイ型の光学素子を作成することもできる。

【0044】導波路型の光学素子は、例えば、基板上に作成した溝の中に有機高分子系マトリックス材料の原料

モノマーに色素を溶解または分散させたものを流し込んでから重合させる方法、または、基板上に形成した薄膜状光学素子をエッチングして「コア」パターンを形成し、次いで、色素を含まないマトリックス材料で「クラッド」を形成する方法によって作成することができる。

【0045】〔作用〕本発明の光制御方法および光制御装置では、制御光および信号光をそれぞれ収束させ、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が光学素子中において互いに重なり合うようにすることにより、前記光学素子の光応答性組成物中の励起種（例えば色素分子、金属イオンなど）と前記制御光および前記信号光の光子の相互作用効率を著しく向上させることが可能となり、その結果、従来に比べ低い光パワーで充分な大きさおよび速度の光応答を光応答性の光学素子から引出すことが可能になる。

【0046】

【発明の実施の形態】以下、図面に基づき本発明の実施の形態について説明する。

【0047】〔実施例1〕図1には本実施例の光制御装置の概略構成が示されている。このような光学装置構成および配置は、図1に例示するように膜型光学素子8を用いる場合の他、図2に例示するようにファイバー型光学素子12を用いる場合にも、光導波路型（図示せず）、マイクロチャンネルレイ型（図示せず）などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0048】ここで、膜型光学素子8は例えば以下の手順で作成することができる。すなわち、シアニン色素の3、3'-ジエチルオキサジカルボシアニンヨージド（慣用名DODCI、エキシトン社製）：23.0mgおよびポリメタクリル酸2-ヒドロキシプロピル：1977.0mgをアセトン：200mlに溶解し、n-ヘキサン：300ml中へかき混ぜながら加えて析出した沈殿（色素およびポリマーの混合物）を濾別し、n-ヘキサンで洗浄してから減圧乾燥し、粉碎した。得られた色素およびポリマーの混合粉末を 10^{-5} Pa未満の超高真空下、100℃で2日間加熱を続け、残留溶媒等の揮発成分を完全に除去して、光応答性組成物の粉末を得た。この粉末20mgをスライドガラス（25mm×76mm×厚さ1.150mm）およびカバーガラス（18mm×18mm×厚さ0.150mm）の間に挟み、真空下150℃に加熱し、2枚のガラス板を圧着する方法（真空ホットプレス法）を用いてスライドガラス／カバーガラス間に色素／ポリマーの膜（膜厚50μm）を作成した。なお、色素／ポリマー膜中の色素濃度は、色素／ポリマー混合物の密度を1.06として計算すると、 2.5×10^{-2} mol/lである。

【0049】以上のようにして作成した膜型光学素子の透過率スペクトルを図3に示す。この膜の透過率は制御光の波長（633nm）で38.0%、信号光の波長

（694nm）で90.5%であった。

【0050】図1に概要を例示する本発明の光制御装置は、制御光の光源1、信号光の光源2、NDフィルター3、シャッター4、半透過鏡5、光混合器6、集光レンズ7、膜型光学素子8、受光レンズ9、波長選択透過フィルター20、光検出器11および22、並びにオシロスコープ100から構成される。これらの光学素子ないし光学部品の内、制御光の光源1、信号光の光源2、光混合器6、集光レンズ7、膜型光学素子8、受光レンズ9、および、波長選択透過フィルター20は、図1の装置構成で本発明の光制御方法を実施するために必須の装置構成要素である。なお、NDフィルター3、シャッター4、および半透過鏡5は必要に応じて設けるものであり、また、光検出器11および22、並びにオシロスコープ100は、本発明の光制御方法を実施するためには必要ないが光制御の動作を確認するための電子装置として、必要に応じて用いられる。

【0051】次に、個々の構成要素の特徴ならびに動作について説明する。

【0052】制御光の光源1にはレーザー装置が好適に用いられる。その発振波長および出力は、本発明の光制御方法が対象とする信号光の波長および使用する光応答性組成物の応答特性に応じて適宜選択される。レーザー発振の方式については特に制限はなく、発振波長帯域、出力、および経済性などに応じて任意の形式のものを用いることができる。また、レーザー光源の光を非線形光学素子によって波長変換してから使用しても良い。具体的には例えば、アルゴンイオンレーザー（発振波長457.9ないし514.5nm）、ヘリウム・ネオンレーザー（633nm）などの気体レーザー、ルビーレーザーやNd：YAGレーザーなどの固体レーザー、色素レーザー、半導体レーザーなどを好適に使用することができる。信号光の光源2にはレーザー光源からのコヒーレント光だけではなく非コヒーレント光を使用することもできる。また、レーザー装置、発光ダイオード、ネオン放電管など、単色光を与える光源の他、タングステン電球、メタルハライドランプ、キセノン放電管などからの連続スペクトル光を光フィルターやモノクロメーターで単色化して用いても良い。

【0053】先に述べたように、本発明の光制御方法で利用される光応答性組成物、信号光の波長帯域、および制御光の波長帯域は、これらの組合わせとして、使用目的に応じて適切な組合わせが選定され、用いられる。以下、信号光の光源2として半導体レーザー（発振波長694nm、連続発振出力3mW、ビーム直径8mmのガウスビーム）と、制御光の光源1としてヘリウム・ネオンレーザー（発振波長633nm、ビーム直径1mmのガウスビーム）と、前記光応答性組成物からなる膜型光学素子8と、を用いた場合についての実施例を説明する。

【0054】NDフィルター3は必ずしも必要ではないが、装置を構成する光学部品や光学素子へ必要以上に高いパワーのレーザー光が入射するのを避けるため、または、本発明の光学素子の光応答性能を試験するにあたり、制御光の光強度を増減するために有用である。但し、この実施例では後者の目的で数種類のNDフィルターを交換して使用することとしている。

【0055】シャッター4は、制御光として連続発振レーザーを用いた場合に、これをパルス状に明滅させるために用いられるものであり、本発明の光制御方法を実施する上で必須の装置構成要素ではない。すなわち、制御光の光源1がパルス発振するレーザーであり、そのパルス幅および発振間隔を制御できる形式の光源である場合や、適当な手段で予めパルス変調されたレーザー光を光源1として用いる場合は、シャッター4を設けなくても良い。

【0056】シャッター4を使用する場合、その形式としては任意のものを使用することができ、例えば、オプティカルチョップ、メカニカルシャッター、液晶シャッター、光カー効果シャッター、ポッケルセルなどを、シャッター自体の作動速度を勘案して適時選択して使用することができる。

【0057】半透過鏡5は、この実施例において、本発明の光制御方法の作用を試験するにあたり、制御光の光強度を常時見積もるために用いられるものであり、光分割比は任意に設定可能である。

【0058】光検出器11および22は、本発明の光・光制御による光強度の変化の様子を電気的に検出して検証するため、また、本発明の光学素子の機能を試験するために用いられる。光検出器11および22の形式は任意であり、検出器自体の応答速度を勘案して適時選択して使用することができ、例えば、光電子増倍管やフォトダイオード、フォトトランジスターなどを使用することができる。

【0059】前記光検出器11および22の受光信号はオシロスコープ100などの他、AD変換器とコンピュータの組合わせ（図示せず）によってモニターすることができる。

【0060】光混合器6は、前記光学素子中を伝播して行く制御光および信号光の光路を調節するために用いられるものであり、本発明の光制御方法および光制御装置を実施するに当たり重要な装置構成要素の一つである。偏光ビームスプリッター、非偏光ビームスプリッター、またはダイクロイックミラーのいずれも使用することができ、光分割比についても任意に設定可能である。

【0061】集光レンズ7は、信号光および制御光に共通の収束手段として、光路が同一になるように調節された信号光および制御光を収束させて前記光学素子へ照射するためのものであり、本発明の光制御方法および光制御装置の実施に必須な装置構成要素の一つである。な

お、集光レンズ以外の光収束手段については、後の実施例で述べる。集光レンズの焦点距離、開口数、F値、レンズ構成、レンズ表面コートなどの仕様については任意のものを適宜使用することができる。

【0062】この実施例では集光レンズ7として、焦点距離5mm、開口数0.65の顕微鏡用対物レンズを用いた。

【0063】受光レンズ9は、収束されて光学素子8へ照射され、透過してきた信号光および制御光を平行ビームまたは収束ビームに戻すための手段であり、この目的に適合するものであれば、任意の仕様のレンズを用いることができる。また、集光レンズの代りに凹面鏡を用いることも可能である。

【0064】波長選択透過フィルター20は、図1の装置構成で本発明の光制御方法を実施するために必須の装置構成要素の一つであり、前記光学素子中の同一の光路を伝播してきた信号光と制御光とから信号光のみを取り出すための手段の一つとして用いられる。

【0065】波長の異なる信号光と制御光とを分離するための手段としては他に、プリズム、回折格子、ダイクロイックミラーなどを使用することができる。

【0066】図1の装置構成で用いられる波長選択透過フィルター20としては、制御光の波長帯域の光を完全に遮断し、一方、信号光の波長帯域の光を効率良く透過することのできるような波長選択透過フィルターであれば、公知の任意のものを使用することができる。例えば、色素で着色したプラスチックやガラス、表面に誘電体多層蒸着膜を設けたガラスなどを用いることができる。

【0067】以上のような構成要素から成る図1の光学装置において、光源1から出射された制御光の光ビームは、透過率を加減することによって透過光強度を調節するためのNDフィルター3を通過し、次いで制御光をパルス状に明滅するためのシャッター4を通過して、半透過鏡5によって分割される。

【0068】半透過鏡5によって分割された制御光の一部は光検出器11によって受光される。ここで、光源2を消灯、光源1を点灯し、シャッター4を開放した状態において光学素子8への光ビーム照射位置における光強度と光検出器11の信号強度との関係を予め測定して検量線を作成しておけば、光検出器11の信号強度から、光学素子8に入射する制御光の光強度を常時見積もることが可能になる。この実施例では、NDフィルター3によって、膜型光学素子8へ入射する制御光のパワーを0.5mWないし25mWの範囲で調節した。

【0069】半透過鏡5で分割・反射された制御光は、光混合器6および集光レンズ7を通過して、収束された状態で光学素子8に照射される。膜型光学素子8を通過した制御光の光ビームは、受光レンズ9を通過した後、波長選択透過フィルター20によって遮断される。

【0070】光源 2 から出射された信号光の光ビームは、前記光混合器 6 によって、制御光と同一光路を伝播するよう混合され、集光レンズ 7 を経由して、膜型光学素子 8 に収束・照射され、素子を通過した光は受光レンズ 9 および波長選択透過フィルター 20 を透過した後、光検出器 22 にて受光される。

【0071】図 1 の光学装置を用いて光・光制御の実験を行った結果、図 4 に示すような光強度変化が観測された。実験の詳細は以下に述べる通りである。

【0072】まず、制御光の光ビームと信号光の光ビームとが、膜型光学素子 8 内部の同一領域で焦点 F_c を結ぶように、それぞれの光源からの光路、光混合器 6、および集光レンズ 7 を調節した。なお、前記膜型光学素子 8 のカバーガラス側から信号光および制御光が入射し、スライドガラス基板側から出射するような向きに光学素子を配置した。次いで、波長選択フィルター 20 の機能を点検した。すなわち、光源 2 を消灯した状態で、光源 1 を点灯し、シャッター 4 を開閉した場合には光検出器 22 に応答が全く生じないことを確認した。

【0073】シャッター 4 を閉じた状態で制御光の光源 1 を点灯し、次いで、時刻 t_1 において光源 2 を点灯し光学素子 8 へ信号光を照射すると、光検出器 22 の信号強度はレベル C からレベル A へ増加した。

【0074】時刻 t_2 においてシャッター 4 を開放し、光学素子 8 内部の信号光が伝播しているのと同じ光路へ制御光を収束・照射すると光検出器 22 の信号強度はレベル A からレベル B へ減少した。この変化の応答時間は 2 マイクロ秒未満であった。

【0075】時刻 t_3 においてシャッター 4 を閉じ、光学素子への制御光照射を止めると光検出器 22 の信号強度はレベル B からレベル A へ復帰した。この変化の応答時間は 3 マイクロ秒未満であった。

【0076】時刻 t_4 においてシャッター 4 を開放し、ついで、時刻 t_5 において閉じると、光検出器 22 の信号強度はレベル A からレベル B へ減少し、次いでレベル

A へ復帰した。

【0077】時刻 t_6 において光源 2 を消灯すると光検出器 22 の出力は低下し、レベル C へ戻った。

【0078】以上まとめると、膜型光学素子 8 へ、入射パワー 0.5 mW ないし 25 mW の制御光を図 4 の 111 に示すような波形で表される光強度の時間変化を与えて照射したところ、信号光の光強度をモニターして示す光検出器 22 の出力波形は図 4 の 222 に示すように、制御光の光強度の時間変化に対応して可逆的に変化した。すなわち、制御光の光強度の増減または断続により信号光の透過を制御すること、すなわち光で光を制御すること（光・光制御）、または、光で光を変調すること（光・光変調）ができることが確認された。

【0079】なお、制御の光の断続に対応する信号光の光強度の変化の程度は、前記の光検出器 22 の出力レベル A、B および C を用いて次に定義される値 ΔT [単位 %]

$$\text{【数 1】 } \Delta T = 100 \left[(A - B) / (A - C) \right]$$

によって定量的に比較することができる。ここで、A は制御光を遮断した状態で信号光の光源 2 を点灯した場合の光検出器 22 の出力レベル、B は信号光と制御光を同時に照射した場合の光検出器 22 の出力レベル、C は信号光の光源 2 を消灯した状態の光検出器 22 の出力レベルである。例えば、光応答が最大の場合、レベル B はレベル C と同一になり、 ΔT は最大値 100 % になる。一方、光応答が検出されない場合、レベル B はレベル A と同一となり、 ΔT は最小値 0 % となる。

【0080】膜型光学素子 8 への制御光入射パワーを 3.0 mW から 24 mW の範囲で変化させて光応答 ΔT の大小を比較したところ表 1 に掲げるような結果が得られた。すなわち、光源 1 から光学素子への入射パワーが 5.0 mW という比較的小さい値のときでも、 $\Delta T = 36\%$ という比較的大きな光応答を与えることが判った。

【0081】

【表 1】

制御光 (633 nm) 入射パワー / mW	信号光 (694 nm) 光応答 ΔT / %
3.0	27
5.0	36
10.0	57
15.0	71
20.0	79
24.0	83

〔比較例1〕色素を用いずにポリメタクリル酸2-ヒドロキシプロピルのみを用いた他は実施例1と同様にしてマトリックス材料単独の薄膜（膜厚 $50\mu\text{m}$ ）を作成し、この薄膜について実施例1と同様にして光応答の評価試験を行ったが、制御光（波長 633nm ）の光を断続しても信号光（波長 694nm ）の光強度は全く変化しなかった。即ち、マトリックス材料単独では光応答は全く観測されないことが確認された。従って、実施例1で観察された光応答は、前記光学素子中に存在する色素に起因することは明らかである。

【0082】〔実施例2〕本発明の光制御方法および光制御装置において光応答を大きくするためには前記制御光および前記信号光を各々収束させて前記光学素子へ照射し、かつ、前記制御光および前記信号光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路をそれぞれ配置すれば良いが、そのためには信号光および制御光を実質的に同一光路で伝播させることが好ましい。なお、前記制御光および前記信号光の電場の振幅分布がガウス分布となっているガウスビームの場合、集光レンズ7などで、開き角 2θ で収束させたときの焦点Fc近傍におけるビームおよび波面30の様子を図10に示す。ここで、波長 λ のガウスビームの直径 $2\omega_0$ が最小になる位置、すなわちビームウエストの半径 ω_0 は次の式で表される。

【0083】

$$[\text{数}2] \omega_0 = \lambda / (\pi \cdot \theta)$$

例えば、実施例1で用いた集光レンズ（焦点距離 5m 、開口数 0.65 ）で波長 633nm 、ビーム直径 1

mm の制御光を収束したときのビームウエストの半径は $2.02\mu\text{m}$ 、同様にして波長 694nm 、ビーム直径 8mm の信号光を収束したときのビームウエストの半径は $0.327\mu\text{m}$ （ほぼ回折限界）と計算される。

【0084】図5に示すように、信号光および制御光が「実質的に同一光路」と看做することができるのは次のような場合である：

- 1) 制御光と信号光の光軸が互いに平行であって、制御光の光路、例えば断面 $L02$ （半径 r_2 ）の中に信号光の光路、例えば断面 $L+1$ 、 $L01$ 、または $L-1$ （半径 r_1 ； $r_1 \leq r_2$ ）が重なって伝搬する場合、
- 2) 制御光と信号光の光軸が互いに平行であって、信号光の光路、例えば断面 $L02$ （半径 r_2 ）の中に制御光の光路、例えば断面 $L+1$ 、 $L01$ 、または $L-1$ （半径 r_1 ； $r_1 \leq r_2$ ）が重なって伝搬する場合、
- 3) 制御光と信号光の光軸が互いに平行（光軸間の距離 $l+1$ 、 $l-1$ 、または $l+1+l-1$ ）であって、制御光の光路が断面 $L+1$ 、 $L01$ 、または $L-1$ のいずれか、信号光の光路も断面 $L+1$ 、 $L01$ 、または $L-1$ のいずれかである場合。

【0085】以下の表2のデータは、一例として、実施例1の装置において、信号光の光路を断面 $L02$ （直径 8mm ）に固定し、断面 $L+1$ 、 $L01$ 、または $L-1$ （直径 1mm ）の制御光の光路（光軸）を光軸間の距離 $l+1$ または $l-1$ として 0.9 ないし 1.2mm 平行移動した場合の、信号光・光応答の大きさ ΔT の変化を示したものである。

【0086】

〔表2〕

制御光 (633 nm) の 平行移動距離 l / mm	信号光 (694 nm) の 光応答 ΔT / %
- 0.9	68
- 0.6	82
- 0.3	84
0.0	88
+ 0.3	84
+ 0.6	81
+ 0.9	67
+ 1.2	32

信号光および制御光の光軸が完全に一致している場合の光応答が最大であるが、光軸間の距離 l_{+1} または l_{-1} が ± 0.6 mm 程度ずれても、光応答の大きさ ΔT は 7 ポイントほど変化するにすぎない。

【0087】即ち、収束された信号光および制御光のそれぞれの焦点の近傍の光子密度が最も高い領域（ビームウエスト）が前記光学素子中において互いに重なり合うように前記制御光および前記信号光の光路がそれぞれ配置され、これらの領域の重なり合いが最大になったとき、すなわち、前記制御光および前記信号光の光軸が完全に一致したとき前記光応答は最大になること、前記制御光および前記信号光の光路が実質的に同一のとき、充分大きな光応答が得られることが判った。

【0088】〔実施例 3〕実施例 1 および 2 の装置配置（図 1）においては膜型光学素子 8 を透過した信号光のビームを受光レンズで平行ビームに戻して、信号光の光束のすべてが光検出器 22 へ入射するよう調節している。このような装置・光学部品配置においては前述のように、前記光学素子を透過した前記信号光強度が減少する方向の光応答 222 が観測される。

【0089】ここで、光応答性光学素子を透過した信号光の光束の一部分、例えば、光束の中心部分（ビーム半径の数割程度）のみを検出器 22 へ入射するように装置を調整すると、以下に述べるように、前記制御光による前記信号光の光束密度変調、特に、信号光の照射に対応して信号光のみかけの強度が増大する方向の光応答 223 を取り出すことが可能になる。

【0090】光検出器 22 への入射光量を制限し、信号

光の一部分、例えば中心部分だけが入射するようにするためには、図 6 に示すように、次のような方法がある：

1) 集光レンズ 7 と光応答性薄膜 8 の距離 d_{78} を変化させる。

【0091】2) 受光レンズ 9 と光応答性薄膜 8 の距離 d_{89} を変化させる。

【0092】3) 絞り 19 を用いる。

【0093】制御光の照射によって、信号光の屈折率が変化して、ビーム中心部分の光束密度が高まれば、検出器 22 の信号強度は増大する。即ち、制御光の照射によって、「みかけの透過率」が増大する方向の光応答が観測される。

【0094】例えば、実施例 1 の装置配置および諸条件において、まず、受光レンズ 9 と膜型光学素子 8 との距離 d_{89} を変えて、膜型光学素子 8 を透過した信号光の光束の中心部分（ビーム半径の約 30%）のみが光検出器 22 へ入射するよう調節した。次いで、集光レンズ 7 および受光レンズ 9 の間隔を固定したまま、膜型光学素子 8 と集光レンズ 7 の距離 d_{78} を変化させ、同一の光路で収束された制御光および信号光の焦点位置と膜型光学素子 8 との位置関係を変化させたところ、膜型光学素子 8 を、上記の透過率低下方向の光応答性が最も大きく観測される位置を基準として、集光レンズ 7 側へ 0.1 mm 近づけた位置、および集光レンズ 7 側から 1.2 mm 遠ざけた位置で、信号光の強度が増大する方向の光応答が観測された。なお、ここでは前記膜型光学素子 8 のカバーガラス側から信号光および制御光が入射し、スライドガラス基板側から出射するような向きに光学素子を配置

した。

【0095】更にここで、同一の光路で収束された制御光と信号光の焦点位置と光学素子の位置関係を変化させる方法としては、例えば精密ねじによる微動機構を設けた架台、圧電素子アクチュエータを設けた架台、または超音波アクチュエータを設けた架台などの上に膜型光学素子8を取り付けて上記のように移動させる他、集光レンズ7の材質に非線形屈折率効果の大きいものを用いて制御光パルスのパワー密度を変えて焦点位置を変化させる方法、集光レンズ7の材質に熱膨張係数の大きいものを用いて加熱装置で温度を変えて焦点位置を変化させる方法などを用いることができる。

【0096】〔実施例4〕図7には本実施例の光制御装置の概略構成が示されている。このような光学装置構成および配置は、図7に例示するような膜型光学素子8の他に、ファイバー型、光導波路型、マイクロチャンネルアレイ型などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0097】光源1および2、NDフィルター3、シャッター4、光検出器11および22、膜型光学素子8、波長選択フィルター20、およびオシロスコープ100については実施例1（図1）と同様のものを同様にして用いた。

【0098】図7に示すような配置でダイクロイックミラー21を用いることで、制御光を分割して、その光強度を光検出器11でモニターすると同時に、制御光と信号光の光路を重ね合わせることができ、図1の配置で必要な光混合器6を省略することができる。ただし、図7の配置においては、ダイクロイックミラー21の波長選択透過および反射を補完するために、信号光を完全に遮断し制御光だけを透過させるような波長選択透過フィルター10を光検出器11の前に設けることが好ましい。また、信号光および／または制御光が光源1および2へ戻り、光源装置に悪影響を与えるのを避けるため、必要に応じて、光アイソレーター13および14を、それぞれ光源1および2の前に設けても良い。

【0099】光路を一致させた信号光および制御光を一緒に収束させて膜型光学素子8へ照射する際の光収束手段として、集光レンズ7および受光レンズ9の代りに、図7のような配置において凹面鏡15を用いることができる。信号光と制御光に共通の収束手段としてレンズを用いる場合、厳密には波長によって焦点距離が異なるという問題が生じるが、凹面鏡ではその心配がない。

【0100】図7に例示するような、本発明の光制御装置において必須の装置構成要素は光源1および2、ダイクロイックミラー21、波長選択透過フィルター20、凹面鏡15、および膜型光学素子8である。

【0101】なお、図7におけるダイクロイックミラー21の代りに偏光または非偏光のビームスプリッターを用いることもできる。

【0102】本発明の光制御方法を図7に示すような装置で行う場合の手順として、まず、制御光（光源1）と信号光（光源2）の光路が一致し、共通の焦点（ビームウエスト）位置に光学素子8が配置されるよう調節を行い、次いで、ダイクロイックミラー21ならびに波長選択透過フィルター10および20の機能を点検するため、光源1と2を交互に点灯し、光源1のみ点灯（シャッター4開放）したとき光検出器22に応答がないこと、および光源2のみを点灯したとき光検出器11に応答がないことを確認した。

【0103】以下、実施例1の場合と同様にして、前記膜型光学素子8を用いた光・光制御方法を実施し、実施例1の場合と同等の実験結果を得た。

【0104】〔実施例5〕図8には本実施例の光制御装置の概略概要が示されている。図1、図2、および図7に例示した装置構成では、信号光と制御光を同じ方向から光応答性光学素子へ照射させているのに比較して、図8では信号光と制御光を反対方向から、光軸を一致させて同一の焦点で収束するように照射している点に特徴がある。

【0105】このような光学装置構成および配置は、図8に例示するような膜型光学素子8の他に、ファイバー型、光導波路型、マイクロチャンネルアレイ型などの光学素子を用いる場合にも好適に用いることができる。

【0106】図8に例示する装置構成において光源1および2、NDフィルター3、シャッター4、集光レンズ7、膜型光学素子8、波長選択透過フィルター10および20、光検出器11および22、光アイソレーター13および14、およびオシロスコープ100については実施例1（図1）および／または実施例4（図7）と同様のものを同様にして用いることができる。

【0107】図8に示すような配置で2枚のダイクロイックミラー（23および24）を用いることで、信号光と制御光を反対方向から、光軸を一致させて同一の焦点で収束するように照射することができる。なお、2つの集光レンズ7は、光学素子を透過してきた制御光および信号光をそれぞれ平行ビームへ戻すための受光レンズ9としての役割を兼ねている。

【0108】図8に例示するような、本発明の光制御装置において必須の装置構成要素は光源1および2、2枚のダイクロイックミラー（23および24）、波長選択透過フィルター10および20、2つの集光レンズ7、および膜型光学素子8である。

【0109】なお、図8におけるダイクロイックミラー（23および24）の代りに偏光または非偏光ビームスプリッターを用いることもできる。

【0110】本発明の光制御方法を図8に示すような装置で行う場合の手順として、まず、制御光（光源1）と信号光（光源2）の光路が一致し、共通の焦点位置に光学素子8が配置されるよう調節を行い、次いで、波長選

択透過フィルター 10 および 20 の機能を点検するため、光源 1 と 2 を交互に点灯し、光源 1 のみ点灯（シャッター 4 開放）したとき光検出器 22 に応答がないこと、および光源 2 のみを点灯したとき光検出器 11 に応答がないことを確認した。

【0111】以下、実施例 1 の場合と同様にして、前記膜型光学素子 8 を用いた光・光制御方法を実施し、実施例 1 の場合と同等の実験結果を得た。

【0112】〔比較例 2〕従来の技術に基づく比較実験を行うため、特開昭 53-137884 号公報、特開昭 63-231424 号公報、および特開昭 64-73326 号公報の記述に従い、図 9 に概要を示すような構成の装置を用い、光制御を試みた。すなわち、光路長 1 cm の石英製溶液セル 17 に絞り 19 を通した信号光の光源 2 からの半導体レーザー光（波長 694 nm）を照射し、透過した光を波長選択透過フィルター 20 を経由して光検出器 22 で受光し、一方、溶液セル 17 を透過する信号光の光路全体に、信号光に直交する方向から制御光を、投射レンズ 16 を用いて拡散させて照射した。図 9 の装置構成において、信号光の光源 1（波長 633 nm）、ND フィルター 3、シャッター 4、半透過鏡 5、および、光検出器 11 の役割および仕様は実施例 1 の場合と同様である。なお、波長選択透過フィルター 20 は溶液セル 17 から散乱してくる制御光が光検出器 22 に入射するのを防ぐものであり、実施例 1 で用いたのと同様のものを用いることができる。

【0113】色素としては実施例 1 と同様にシアニン色素 DODCI を用い、まず、メタノール溶液を溶液セル 17 に充填して試験した。色素濃度については、光路長の相違、すなわち実施例 1 の場合の光路長 50 μ m に対して 200 倍の光路長 1 cm であることを勘案し、実施例 1 の場合の 200 分の 1 の濃度（ 1.25×10^{-4} mol/l）に設定し、実効的な透過率が実施例 1 の場合と同等になるよう調節した。実施例 1 の場合と同様に、ND フィルター 3 によって、光学素子（溶液セル 17）へ入射する制御光のパワーを 0.5 mW ないし 25 mW の範囲で調節し、制御光をシャッター 4 を用いて明滅させた。しかしながら、制御光のパワーを最大にしても光

検出器 22 へ入射する信号光の強度は全く変化しないという結果が得られた。すなわち、制御光のパワーを 0.5 mW ないし 25 mW の範囲で調節した限りでは、図 9 の装置構成・装置配置において光・光制御は実現できなかった。

【0114】次いで、溶液試料の代りに、固体素子として、シアニン色素 DODCI を濃度 1.25×10^{-4} mol/l でメタクリル酸 2-ヒドロキシプロピル・モノマー中へ溶解し、モノマーを重合させて直方体型光学素子（光路長 1 cm）に加工したものを溶液セル 17 の代わりに置いて、溶液試料の場合と同様に試験した。その結果、固体素子を用いた場合も、制御光のパワーを 0.5 mW ないし 25 mW の範囲で調節した限りでは、図 9 の装置構成・装置配置において光・光制御は実現できないことが確認された。

【0115】〔実施例 6〕実施例 1 の場合と同様に、図 1 に例示するような装置構成、制御光の光源 1 としてヘリウム・ネオンレーザー（波長 633 nm）、信号光の光源 2 として半導体レーザー（波長 694 nm）、集光レンズ 7 として、焦点距離 5 mm、開口数 0.65 の顕微鏡用対物レンズを用い、種々透過率を変えて作成した膜型光学素子 8 を用いて、光学素子の透過率と光応答の大きさ ΔT の関係を調べた。なお、制御光のパワーは 10 mW とし、制御光の照射によって信号光の透過率が減少する方向の光応答の大きさを測定した。

【0116】膜型光学素子 8 の試料は実施例 1 に例示したのと同様な方法で作成した。ただし、色素として DODCI のアニオン部分（ I^- ）をテトラフルオロボラート（ BF_4^- ）に変えたものを用い、色素濃度は 2.5×10^{-2} mol/l とし、色素/ポリマー膜の膜厚を 20 μ m から 100 μ m の範囲で変えて透過率の異なるものを作成して試料とした。

【0117】制御光および信号光それぞれの透過率、および、信号光の透過率が減少する方向の光応答の大きさ ΔT の測定結果は表 3 に掲げる通りであった。

【0118】

【表 3】

制御光 (633 nm) 透過率 / %	信号光 (694 nm) 透過率 / %	信号光 (694 nm) 光応答 ΔT / %
18	90	63
28	91	55
38	91	43
48	90	35
58	91	29
70	91	24

いずれの試料においても信号光 (694 nm) の透過率は90ないし91%であったが、制御光 (633 nm) の透過率を18%ないし70%の範囲で変えた場合、制御光の透過率が小さい程、すなわち制御光の波長における光吸収が大きい程、信号光の透過率が減少する方向の光応答 ΔT が大きくなることが確認された。

【0119】なお、試料の膜厚を更に薄くして、制御光の透過率90%の場合について試験したが、光応答は僅かに検出されるものの、定量的測定は困難であった。

【0120】〔実施例7〕実施例6の場合と同様にして、種々透過率を変えて作成した膜型光学素子8を用いて、光学素子の透過率と光応答の大きさ ΔT の関係を調べた。

【0121】但し、色素としてシアニン色素のクリプトシアニン（東京化成製）を用い、色素／ポリマー膜の膜厚は約50 μm とし、色素濃度を $1 \times 10^{-3} \text{mol/l}$ ないし $2.5 \times 10^{-2} \text{mol/l}$ の範囲で変えて透過率の異なるものを作成して試料とした。また、信号光の光源2として発振波長830 nmの半導体レーザー（連続発振出力2W、ビーム直径6 mmのガウスビーム）を用いた。

【0122】制御光および信号光それぞれの透過率、および、信号光の透過率が減少する方向の光応答の大きさ ΔT の測定結果は表4に掲げる通りであった。

【0123】

【表4】

制御光 (633 nm) 透過率 / %	信号光 (830 nm) 透過率 / %	信号光 (830 nm) 光応答 ΔT / %
0.02	80	73
0.01	60	69
0.02	39	64
0.01	21	35
0.01	16	29
0.01	6	(検出されず)

いずれの試料においても制御光 (633 nm) の透過率は0.02%以下であったが、信号光 (830 nm) の透過率を6%ないし80%の範囲で変えた場合、信号光

の透過率が大きい程、すなわち信号光の波長における光吸収が小さい程、信号光の透過率が減少する方向の光応答 ΔT が大きくなることが確認された。なお、信号光の

透過率 6% の場合、光応答は検出限界未満であった。

【0124】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明の光制御方法および光制御装置によれば、例えば、可視領域にあるレーザー光を制御光として、近赤外線領域にある信号光を効率良く変調することが、極めて単純な光学装置によって、電子回路などを一切用いることなく、実用上十分な応答速度において実現可能になる。

【0125】また、本発明の光制御方法および光制御装置を用いた可視光線レーザーによる近赤外線レーザーの直接変調は、例えば、ポリメチルメタクリレート系プラスチック光ファイバー中を伝搬させるのに適した可視光線レーザーによって、空气中を伝搬させるのに適した近赤外線レーザーを直接変調するような用途において極めて有用である。また、例えば光コンピューティングの分野において新しい光演算方式を開発する上で役立つと期待される。

【0126】更に、本発明の光制御方法および光制御装置によれば、光学素子として色素をマトリックス材料中に溶解または分散させた光応答性組成物から成る光学素子を用いることができ、前記光学素子に用いられる材料の選択範囲を広げ、かつ光学素子への加工を容易にし、産業界への利用の道を広く拓くことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図 2】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図 3】 実施例 1 の膜型光学素子の透過率スペクトルである。

【図 4】 制御光および信号光の光強度時間変化を例示した図である。

【図 5】 制御光および信号光の光路（および光軸）の関係を例示した図である。

【図 6】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図 7】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

【図 8】 本発明を実施する際に用いられる装置構成を例示した構成図である。

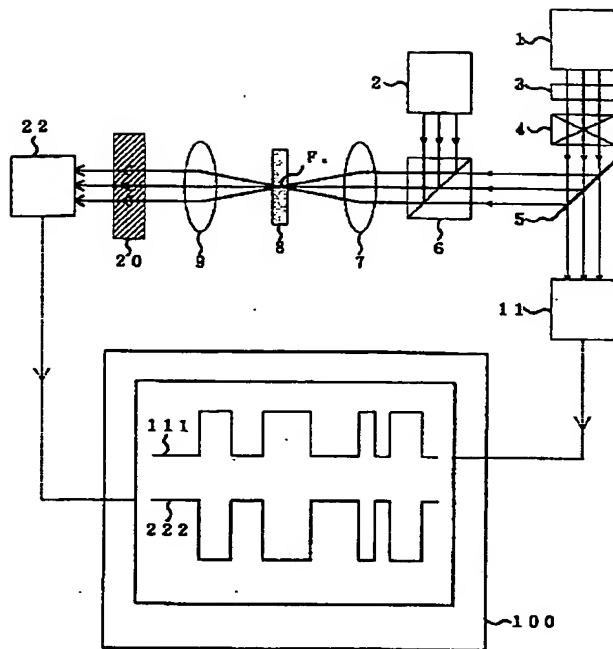
【図 9】 従来技術で用いられている装置構成を例示した構成図である。

【図 10】 集光レンズなどで収束されたガウスビームの焦点近傍における様子を表した模式図である。

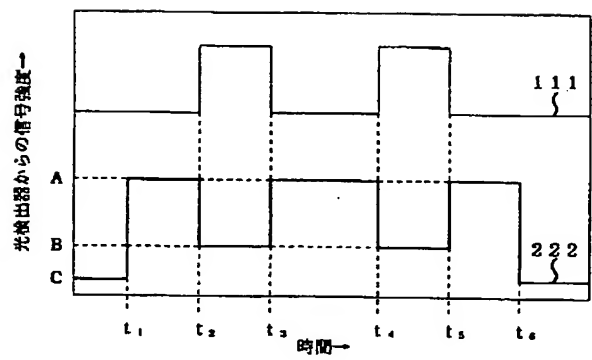
【符号の説明】

1 制御光の光源、2 信号光の光源、3 ND フィルター、4 シャッター、5 半透過鏡、6 光混合器、7 集光レンズ、8 膜型光学素子、9 受光レンズ、10 波長選択透過フィルター（信号光遮断用）、11 光検出器、12 ファイバー型光学素子、13 光アイソレーター（制御光用）、14 光アイソレーター（信号光用）、15 凹面鏡、16 投射レンズ、17 溶液セル（または固体素子）、19 絞り、20 波長選択透過フィルター（制御光遮断用）、21 ダイクロイックミラー、22 光検出器（信号光の光強度検出用）、23 および 24 ダイクロイックミラー、30 波面、100 オシロスコープ、111 光検出器 11 からの信号（制御光の光強度時間変化曲線）、222 および 223 光検出器 22 からの信号（信号光の光強度時間変化曲線）、A 制御光を遮断した状態で信号光の光源を点灯した場合の光検出器 22 の出力レベル、B 信号光の光源を点灯した状態で制御光を照射した場合の光検出器 22 の出力レベル、C 信号光を消灯した状態の光検出器 22 の出力レベル、d₇₈ 集光レンズ 7 と膜型光学素子 8 の距離、d₈₉ 光制御素子 8 と受光レンズ 9 の距離、F_c 焦点、L₀₁、L₊₁、L₋₁ および L₀₂ 信号光または制御光の光ビーム断面、l₊₁ および l₋₁ 信号光または制御光の光軸の平行移動距離、r₁ 信号光または制御光の光ビーム断面 L₀₁、L₊₁ または L₋₁ の半径、r₂ 信号光または制御光の光ビーム断面 L₀₂ の半径、t₁ 信号光の光源を点灯した時刻、t₂ 制御光を遮断していたシャッターを開放した時刻、t₃ 制御光をシャッターで再び遮断した時刻、t₄ 制御光を遮断したシャッターを開放した時刻、t₅ 制御光をシャッターで再び遮断した時刻、t₆ 信号光の光源を消灯した時刻、θ 集光レンズで収束させた光ビームの外周部が光軸となす角度、ω₀ 集光レンズで収束させたガウスビームのビームウエスト（焦点位置におけるビーム半径）。

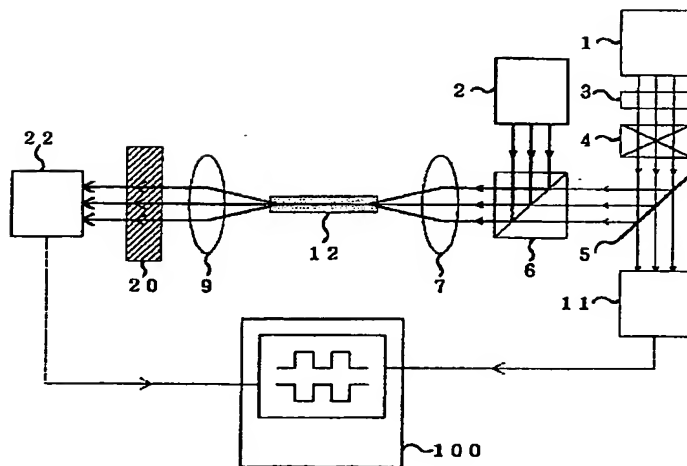
【図1】



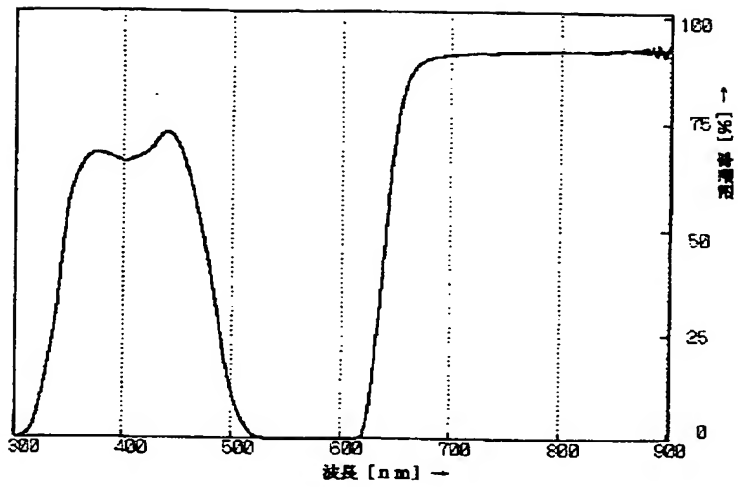
【図4】



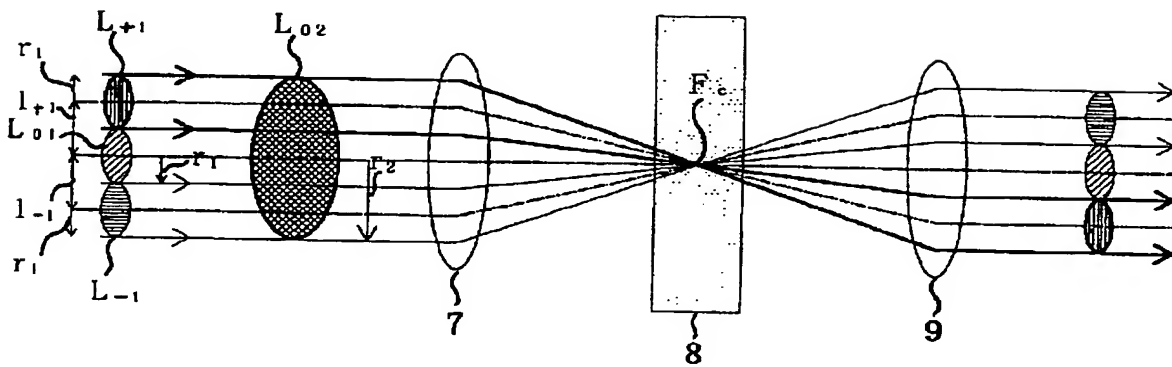
【図2】



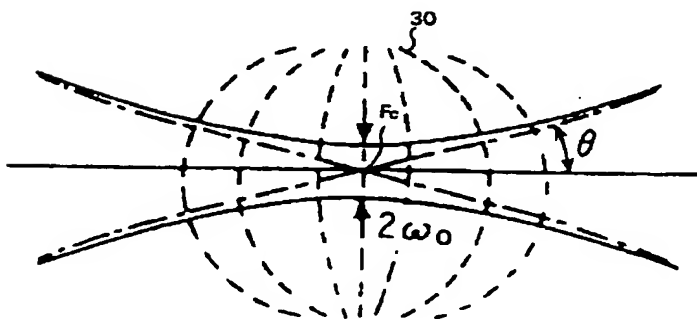
【図3】



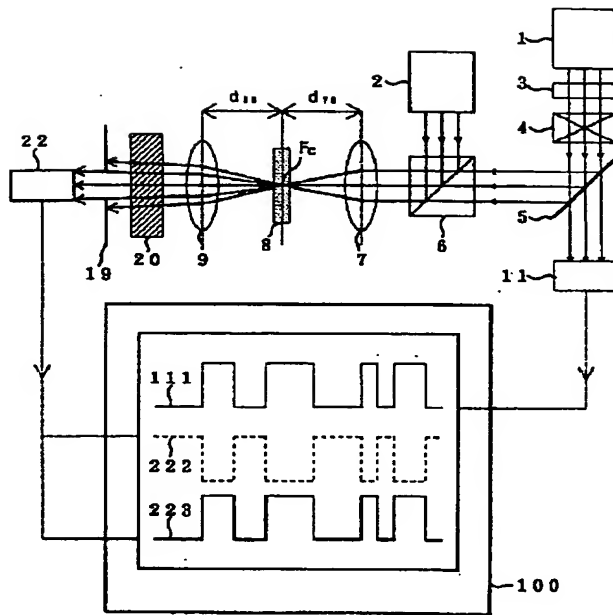
【図5】



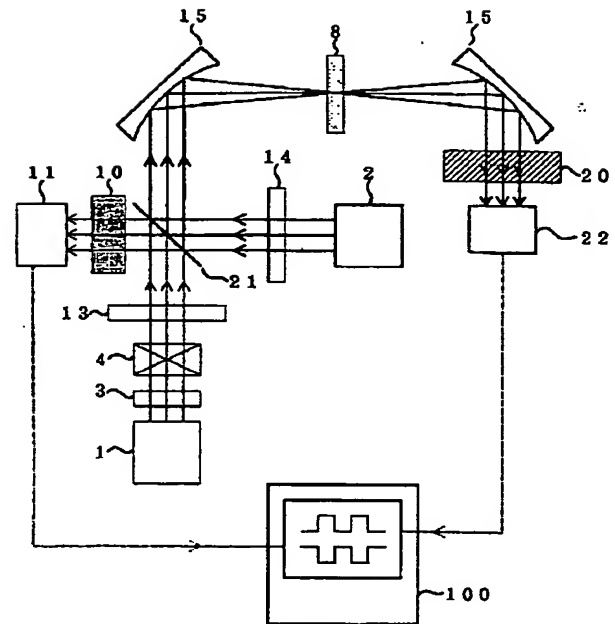
【図10】



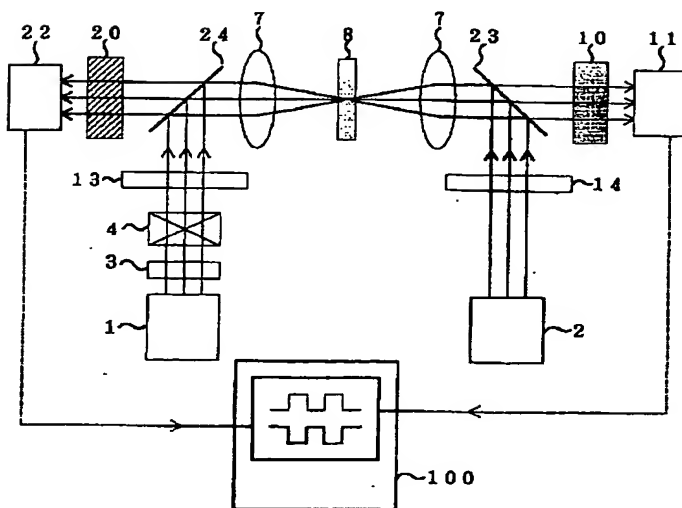
【図 6】



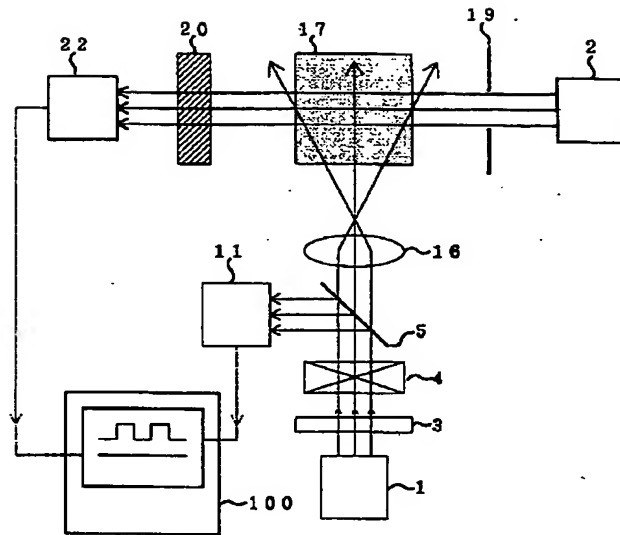
【図7】



【图8】



【図 9】



フロントページの続き

(72) 発明者 甲斐 正勝
 神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 12 番
 地 日本ビクター株式会社内
 (72) 発明者 上野 一郎
 神奈川県横浜市神奈川区守屋町 3 丁目 12 番
 地 日本ビクター株式会社内

(72) 発明者 田中 教雄
 東京都足立区堀之内 1 丁目 9 番 4 号 大日
 精化工業株式会社東京製造事業所内
 (72) 発明者 宝田 茂
 東京都足立区堀之内 1 丁目 9 番 4 号 大日
 精化工業株式会社東京製造事業所内